

PROJETO
PiB
Perspectivas do
Investimento no
Brasil



Sistema Produtivo

01

Perspectivas do Investimento em

Energia

Instituto de Economia da UFRJ
Instituto de Economia da UNICAMP

Após longo período de imobilismo, a economia brasileira vinha apresentando firmes sinais de que o mais intenso ciclo de investimentos desde a década de 1970 estava em curso. Caso esse ciclo se confirmasse, o país estaria diante de um quadro efetivamente novo, no qual finalmente poderiam ter lugar as transformações estruturais requeridas para viabilizar um processo sustentado de desenvolvimento econômico. Com a eclosão da crise financeira mundial em fins de 2008, esse quadro altamente favorável não se confirmou, e novas perspectivas para o investimento na economia nacional se desenham no horizonte.

Coordenado pelos Institutos de Economia da UFRJ e da UNICAMP e realizado com o apoio financeiro do BNDES, o Projeto PIB - Perspectiva do Investimento no Brasil tem como objetivos:



- Analisar as perspectivas do investimento na economia brasileira em um horizonte de médio e longo prazo;
- Avaliar as oportunidades e ameaças à expansão das atividades produtivas no país; e
- Sugerir estratégias, diretrizes e instrumentos de política industrial que possam auxiliar na construção dos caminhos para o desenvolvimento produtivo nacional.

Em seu escopo, a pesquisa abrange três grandes blocos de investimento, desdobrados em 12 sistemas produtivos, e incorpora reflexões sobre oito temas transversais, conforme detalhado no quadro abaixo.

ECONOMIA BRASILEIRA	BLOCO	SISTEMAS PRODUTIVOS	ESTUDOS TRANSVERSAIS
	INFRAESTRUTURA	Energia Complexo Urbano Transporte	Estrutura de Proteção Efetiva Matriz de Capital
	PRODUÇÃO	Agronegócio Insumos Básicos Bens Salário Mecânica Eletrônica	Emprego e Renda Qualificação do Trabalho Produtividade, Competitividade e Inovação
	ECONOMIA DO CONHECIMENTO	TICs Cultura Saúde Ciência	Dimensão Regional Política Industrial nos BRICs Mercosul e América Latina

COORDENAÇÃO GERAL

Coordenação Geral - David Kupfer (IE-UFRJ)

Coordenação Geral Adjunta - Mariano Laplane (IE-UNICAMP)

Coordenação Executiva - Edmar de Almeida (IE-UFRJ)

Coordenação Executiva Adjunta - Célio Hiratuka (IE-UNICAMP)

Gerência Administrativa - Carolina Dias (PUC-Rio)

Coordenação de Bloco

Infra-Estrutura - Helder Queiroz (IE-UFRJ)

Produção - Fernando Sarti (IE-UNICAMP)

Economia do Conhecimento - José Eduardo Cassiolato (IE-UFRJ)

Coordenação dos Estudos de Sistemas Produtivos

Energia – Ronaldo Bicalho (IE-UFRJ)

Transporte – Saul Quadros (CENTRAN)

Complexo Urbano – Cláudio Schüller Maciel (IE-UNICAMP)

Agronegócio - John Wilkinson (CPDA-UFRJ)

Insumos Básicos - Frederico Rocha (IE-UFRJ)

Bens Salário - Renato Garcia (POLI-USP)

Mecânica - Rodrigo Sabbatini (IE-UNICAMP)

Eletrônica – Sérgio Bampi (INF-UFRGS)

TICs- Paulo Tigre (IE-UFRJ)

Cultura - Paulo F. Cavalcanti (UFPB)

Saúde - Carlos Gadelha (ENSP-FIOCRUZ)

Ciência - Eduardo Motta Albuquerque (CEDEPLAR-UFMG)

Coordenação dos Estudos Transversais

Estrutura de Proteção – Marta Castilho (PPGE-UFF)

Matriz de Capital – Fabio Freitas (IE-UFRJ)

Estrutura do Emprego e Renda – Paul Baltar (IE-UNICAMP)

Qualificação do Trabalho – João Sabóia (IE-UFRJ)

Produtividade e Inovação – Jorge Britto (PPGE-UFF)

Dimensão Regional – Mauro Borges (CEDEPLAR-UFMG)

Política Industrial nos BRICs – Gustavo Brito (CEDEPLAR-UFMG)

Mercosul e América Latina – Simone de Deos (IE-UNICAMP)

Coordenação Técnica

Instituto de Economia da UFRJ

Instituto de Economia da UNICAMP

Projeto financiado com recursos do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O conteúdo ou as opiniões registrados neste documento são de responsabilidade dos autores e de modo algum refletem qualquer posicionamento do Banco.

REALIZAÇÃO



Fundação Universitária
José Bonifácio

APOIO FINANCEIRO



Ministério do
Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior



Documento Não Editorado



PROJETO PERSPECTIVAS DO INVESTIMENTO NO BRASIL

BLOCO: INFRAESTRUTURA

SISTEMA PRODUTIVO: ENERGIA

COORDENAÇÃO: RONALDO BICALHO

DOCUMENTO SETORIAL:

ETANOL/BIOMASSA/BIODIESEL

José Vitor Bomtempo

GEE – IE/UFRJ

GIT – EQ/UFRJ

Julho de 2009.

1 – Introdução

O objetivo do estudo é analisar a evolução dos condicionantes do investimento na indústria de biocombustíveis no Brasil, considerando a evolução tanto do cenário nacional quanto do cenário externo. Assim, o estudo trata inicialmente da dinâmica internacional do investimento na indústria de biocombustíveis e, em seguida, analisa o caso brasileiro.

A análise será desenvolvida considerando dois horizontes de tempo: médio e longo prazo. O horizonte de médio prazo é considerado como 2012 e considera a estrutura atual da indústria de biocombustíveis no Brasil. O horizonte de longo prazo toma como referência o ano de 2020 e procura explorar a evolução da atual estrutura industrial na perspectiva de conformação da indústria de biocombustíveis do futuro.

O estudo está organizado da seguinte forma: apresenta-se inicialmente (seção 2) a dinâmica global de investimento da indústria de biocombustíveis. A compreensão dessa dinâmica permite que sejam analisadas as condições de investimento na indústria brasileira em médio e em longo prazo (seção 3). A seção 4 discute as ações e recomendações de políticas e finalmente a seção 5 sintetiza a análise desenvolvida e apresenta as conclusões do estudo com uma discussão sobre a dotação de recursos para biocombustíveis.

2 Dinâmica Global do Investimento na indústria de biocombustíveis

Para entender a dinâmica global de investimento da indústria de biocombustíveis é preciso distinguir claramente a dinâmica competitiva da indústria hoje existente, dita de primeira geração, que produz essencialmente etanol e biodiesel, e a dinâmica de inovação tecnológica em curso que pode impulsionar a indústria a uma nova estrutura competitiva. Essa possibilidade, entretanto, por se basear num processo complexo no qual co-evoluem combinações de dimensões tecnológicas, organizacionais, comerciais e de regulamentação, insere-se num ambiente de incertezas que deve ser caracterizado como ponto de partida do estudo.

As incertezas envolvem o próprio papel dos biocombustíveis em médio e longo prazo e podem ser observadas considerando quatro dimensões: evolução tecnológica, evolução das regulamentações, evolução das metas de utilização e a evolução das alternativas tecnológicas aos biocombustíveis.

- ♦ Evolução tecnológica

Existe uma febre de projetos de pesquisa, em diferentes estágios de desenvolvimento, da bancada a plantas de demonstração, que têm em comum, além de múltiplas alternativas tecnológicas para a produção e conversão da biomassa, a incorporação de um nível tecnológico mais sofisticado ao setor (biotecnologia avançada por exemplo) e a presença de empresas de base tecnológica em associação com empresas estabelecidas das indústrias de energia, química e agroindústria¹.

- ♦ Evolução das regulamentações

Existe uma expectativa de como evoluirão as restrições ambientais a partir do Protocolo de Quioto. A Conferência de Copenhague, em 2009, deve ser um ponto marcante dessa tendência.

Esse *driver* vem tendo peso crescente nos últimos anos e a tendência é de que venha a crescer de forma muito mais forte nos próximos anos. Duas razões contribuem para isso: a postura do novo governo americano e o reforço das evidências dos efeitos das mudanças climáticas globais (alteração do nível do mar).

Considera-se portanto que as metas de reduções de emissões devem se tornar mais duras e as restrições ambientais aos fósseis cresçam. Medidas como uma taxaço do carbono devem ser consideradas como cenário provável.

- ♦ Evolução das metas de utilização e da demanda de biocombustíveis

Hesitações e recuos têm sido a marca atual, rediscutindo as metas mais ambiciosas de utilização dos biocombustíveis em alguns mercados. No momento de grande alta dos preços de alimentos, a alternativa dos biocombustíveis foi bastante questionada e

¹ A natureza desses projetos e a dinâmica tecnológica envolvida serão discutidas na seção 2.2 deste relatório.

algumas manifestações foram feitas no sentido de rever para baixo a incorporação de biocombustíveis na matriz energética. Esse debate parece hoje reduzido em seu peso. Os grandes países consumidores não fizeram revisões em suas metas de consumo e o saldo final é de crescimento sustentado da demanda.

Uma consequência de grande importância da confirmação do mercado dos biocombustíveis, principalmente do etanol, é a viabilização de biorrefinarias como conceito de exploração de biomassa no lugar da produção única de combustíveis. Tem se consolidado a idéia de que as biorrefinarias, produzindo biocombustíveis e outros produtos (produtos químicos e bioeletricidade em destaque) viabilizam economicamente a exploração da biomassa e melhoram os resultados ambientais. A ineficiência (ambiental e econômica) da produção de etanol a partir de milho nos EUA tem impulsionado fortemente o conceito de biorrefinaria com grandes dotações de recursos pelo DOE e NREL para construção de unidades piloto e de demonstração integradas.

Os biocombustíveis hoje comercializados são o bioetanol e o biodiesel. Projeta-se em médio prazo um crescimento de mercado da ordem 14% aa para os próximos 5 anos, passando de um mercado atual da ordem de US\$ 26 bi para US\$ 50 bi em 2012. (Fonte: Riese, 2009)

Numa visão de longo prazo, tomando-se por base o mercado americano e baseando-se nas previsões de incorporação de biocombustíveis avançados ou de 2ª geração previstas na agenda americana (EISA 2007), prevê-se que os biocombustíveis passariam de um *market share* de 4,0% do mercado de combustíveis líquidos em 2010 para 10,0% em 2020 e 20% em 2030. Em termos de consumo, essa evolução representa um crescimento anual entre 2010 e 2030 de 9,7% em volume. (Fonte: BRDI, 2007)

- ♦ Evolução das alternativas tecnológicas aos biocombustíveis

Essa dimensão tem sido pouco considerada nas análises. Mas, se considerarmos a multiplicidade de propostas tecnológicas que buscam responder aos desafios da produção e consumo sustentáveis de energia, devemos ter em perspectiva que os biocombustíveis estão, em maior ou menor grau, em competição com outras opções tecnológicas. A consolidação de algumas dessas inovações pode restringir ou ampliar o papel dos biocombustíveis no futuro da oferta de energia, em particular no caso do transporte. Por isso, a perspectiva de evolução de alternativas aos biocombustíveis,

como a dos carros híbridos e elétricos *plug in*, que têm ganho atenção crescente nos últimos meses, ou a das células combustível a hidrogênio, ou qualquer outra solução voltada para o segmento de transportes, não pode ser perdida ao se considerar o futuro da indústria. A idéia expressa por alguns de que a única solução seria o carro de emissão zero coloca uma limitação no espaço que os biocombustíveis poderiam vir a ocupar em longo prazo. Deve ser lembrado ainda que as alternativas dos carros elétricos e híbridos *plug in*, ao trazerem o problema para a produção de eletricidade, continuam a dar espaço à biomassa como produtora de bioeletricidade.

Feitas essas ressalvas decorrentes do ambiente de incertezas que cercam os investimentos em biocombustíveis, este trabalho considera como premissas que:

1. A médio prazo, o setor de biocombustíveis será uma projeção no horizonte 2012 da indústria atual. A indústria do etanol será uma projeção do modelo brasileiro enquanto a do biodiesel continuará a se debater numa estrutura em definição
2. A longo prazo, supondo que os biocombustíveis tenham papel relevante na matriz de combustíveis para transporte, a indústria terá uma estrutura muito diferente da atual. Matérias primas, processos e tecnologias serão bastante diferentes do que se tem hoje. A distinção entre etanol e biodiesel deve perder importância e novos produtos podem surgir e ganhar importância.

Na seqüência desta seção, são apresentadas a dinâmica competitiva da atual indústria de biocombustíveis e a dinâmica tecnológica e de inovação a qual pode vir a transformar a indústria no longo prazo.

2.1 Dinâmica competitiva da indústria de biocombustíveis de primeira geração

As alternativas tecnológicas atuais para produção de biocombustíveis correspondem aos chamados biocombustíveis de 1ª geração: etanol a partir de cana de açúcar ou milho e biodiesel a partir de gorduras e óleos, em geral óleos vegetais nobres. Os processos de produção podem ser considerados convencionais (etanol: fermentação convencional; biodiesel: transesterificação) e as rotas tecnológicas maduras. Os processos são relativamente ineficientes, gerando quantidades expressivas de subprodutos: ~10 l vinhoto/litro etanol; 117 kg glicerina/t biodiesel. Quanto ao etanol deve ser destacado que do ponto de vista energético trata-se de um produto

relativamente ineficiente já que contém apenas 70% do conteúdo energético da gasolina.

Entretanto, a produção de etanol a partir da cana de açúcar no Brasil consegue superar muitas dessas restrições. A produtividade da indústria cresceu de forma sustentada nas últimas décadas (1975 a 2008) a uma taxa de 2,7% ao ano, medida em litros de etanol/hectare (Jank, 2008). Isso denota a combinação de esforços de melhoria tanto na parte agrícola quanto industrial. Além disso, se a questão central é a redução dos gases de efeito estufa, deve ser ressaltado que o etanol de cana de açúcar supera largamente as demais alternativas atualmente disponíveis (biodiesel e etanol de grãos, como milho ou trigo). O etanol de cana tem uma relação energia gerada / energia consumida da ordem de 8,2 enquanto o etanol de milho atinge apenas 1,5. A contribuição em termos de redução da emissão de CO₂ também é positiva segundo estudos realizados e revistos por Almeida, Bomtempo e Silva 2007.

Do ponto de vista da estrutura industrial, etanol e biodiesel apresentam baixas barreiras à entrada, limitadas na prática à disponibilidade de matéria prima a preço competitivo e qualidade desejável. A tecnologia de produção pode ser adquirida de empresas de engenharia na forma *turn key*.

Estrutura mundial da produção e oferta de biodiesel e etanol

Na análise da dinâmica competitiva da indústria de biocombustíveis de primeira geração podem ser claramente identificadas dois segmentos com características peculiares que poderíamos a rigor tratar como duas indústrias diferentes: etanol e biodiesel.

ETANOL

A indústria do etanol tem dois países líderes - Brasil e EUA -, que juntos representam mais de 70% da produção mundial (tabela 1). Entretanto, a estrutura industrial em cada um desses países é bastante diversa, o que resulta em níveis de competitividade e sustentabilidade também marcadamente diferentes.

Tabela 1 - Produção mundial de etanol – principais países - 2008

PAÍS	PRODUÇÃO (BILHÕES DE LITROS)
-------------	-------------------------------------

EUA	34,2
Brasil	24,6
União Européia	2,8
China	1,9
Canadá	0,9
Tailândia	0,3
Colômbia	0,3
Índia	0,3
Austrália	0,1
Resto do mundo	0,5
TOTAL	65,9

Fonte: RFA Ethanol Outlook 2009

A produção americana, baseada no milho, destina-se essencialmente ao mercado interno e foi impulsionada por um esforço recente da política energética dos EUA. Os custos de produção são considerados elevados em relação aos preços da gasolina, o que tem exigido o aporte de subsídios governamentais à indústria americana e taxaço (54¢/gal) sobre o etanol importado. Também do ponto de vista ambiental, como já mencionado, os estudos existentes sugerem um balanço energético apenas ligeiramente positivo. Essas dificuldades têm servido de motivação para a política americana de apoio a uma nova geração de biocombustíveis avançados baseados em outras matérias primas, em particular materiais celulósicos. Os esforços do DOE, largamente valorizados nos recentes orçamentos de P&D e pacotes de estímulos aprovados pela nova administração americana, vão na direção da exploração de conceitos integrados de biorrefinarias que produzem combustíveis e químicos, de novas matérias primas e novas rotas de produção, além do esforço concentrado na viabilização da produção de etanol a partir de materiais celulósicos².

A produção brasileira, baseada na cana de açúcar, tem uma história de mais de 3 décadas e evoluiu, de uma indústria também voltada inicialmente para interesses estratégicos do mercado interno, para uma capacidade de produção e um nível de competitividade que são vistos como referência internacional. Alguns índices permitem destacar a produtividade da agroindústria canavieira no Brasil. No período 1975 a

² No orçamento divulgado recentemente foram alocados \$7.8 bilhões para P&D em energia, 18% mais do que no ano passado e um adicional de estímulo de cerca \$8 bilhões. Deve ser destacado que o Centro de Bioenergia, um dos programas mais inovadores do DOE, está concebido para funcionar como uma *start up* e desenvolver o etanol celulósico reunindo a expertise de laboratórios, universidades e indústria para atrair empresas de tecnologia (Economist 2009).

2000, a produtividade agrícola cresceu 33%, o teor médio de sacarose na cana aumentou 8%; a eficiência na conversão sacarose a etanol aumentou de 14% e a produtividade na fermentação resultou, em consequência, 130% maior (CGEE, 2004, NIPE, 2006, Nogueira, 2008, Economist, 2008b). De uma forma sintética, englobando tanto a produtividade agrícola quanto a industrial, identifica-se que, no período 1975 a 2008, a produtividade medida em litros de etanol/hectare cresceu a uma taxa anual de 2,7% (Jank. 2008). A maior parte dos estudos existentes também dá à produção brasileira de etanol uma posição favorável em termos ambientais. (Almeida, Bomtempo e Silva 2007, Economist, 2008b)

Os demais produtores (China, França, Índia, Rússia, Alemanha, Canadá, Índia, Tailândia, Colômbia e Austrália) apresentam motivações variadas para a produção e não tem de modo geral perspectiva de virem a se tornar grandes players. Países da América Latina e Caribe são vistos como potenciais novos produtores.

A tabela 2 compara algumas características da indústria de etanol no Brasil e nos EUA.

É importante ressaltar que, no modelo atual dos combustíveis de transporte, o etanol é particularmente voltado para o mercado americano como substituto ou complemento da gasolina que é o combustível líquido de eleição na frota americana. Apesar de as metas de incorporação no mercado europeu serem também expressivas, esse último mercado é mais dependente do diesel do que da gasolina, o que dá ao etanol, na conformação atual do consumo, um papel relativamente menos importante na Europa.

Tabela 2 - Etanol brasileiro e etanol americano – algumas comparações

	BRASIL 2006/2007	EUA 2005/2006
Usinas em operação	335	97
Matéria prima	Cana de açúcar	milho
Área cultivada (milhões de hectares)	6,4	31,6
Produção de matéria prima (milhões de toneladas)	426	267
Parcela da matéria prima para etanol	48%	20%
Produção (bilhões de litros)*	24,6	34,2
Produtividade (litros/hectare)	6.800	3.000

Importações (milhões de litros)	-	2.805
Exportações (bilhões de litros)*	5	
Custos de produção (US\$ por litro)	0,22	0,40
Imposto de importação	-	46%

* dados de 2008, RFA Ethanol Outlook

Fonte: Valor Análise Setorial, 2008

Em síntese, para orientar a discussão das questões chave de investimento, algumas características da indústria do etanol no Brasil devem ser enfatizadas.

O primeiro ponto é a condição de mais eficiente dos biocombustíveis hoje produzidos, tanto pelo custo de produção quanto pela qualidade ambiental. O etanol brasileiro seria então o *benchmark* da indústria de biocombustíveis no mundo.

Em segundo lugar, a indústria está consolidada em termos de acesso ao mercado interno. Em 2008, segundo dados preliminares do MME (Ministério das Minas e Energia), foram consumidos no país 19,58 bilhões de litros de álcool, ultrapassando pela primeira vez, desde 1994, o consumo de gasolina (18,88 bilhões de litros). A frota atual já conta com 26% de carros flex e ao ritmo de crescimento dos últimos anos deverá atingir 50% em 2012 (Jank, 2008). O mercado interno deverá então assegurar o consumo da maior parte da produção. Apenas grandes mudanças nas políticas de preços como resultado de preços baixos de petróleo e/ou de mudanças políticas de fundo, que nas condições atuais não são vislumbradas, poderiam modificar a confortável posição de mercado do etanol.

De qualquer forma, mesmo com uma redução de preços da gasolina, a indústria brasileira poderia sustentar uma posição competitiva (comparações internacionais situam o custo do etanol brasileiro abaixo de 50 cents/l o que seria comparável com o custo da gasolina nos EUA de 35 a 60 cents/litro para um petróleo de 50 a 80 \$/barril, Royal Society, 2008)

O terceiro ponto refere-se à inserção internacional como grande exportador. Apesar do crescimento expressivo dos últimos cinco anos, o volume exportado ainda é pequeno – cerca de 5 bilhões de litros em 2008 – em relação à produção e principalmente em relação à competitividade do produto brasileiro. Além das questões tarifárias que afetam o acesso ao mercado americano, as múltiplas certificações exigidas, principalmente pelos países europeus, têm criado dificuldades para a comercialização

do etanol. A inserção no mercado internacional ainda é um desafio importante que exigirá esforços de negociação para resolver as questões de barreiras de acesso aos mercados.

Um quarto ponto que deve ser enfatizado é o papel da indústria na geração de bioeletricidade a partir do bagaço. Na safra 2007/2008, foram gerados cerca de 1.800 MW, o que corresponde a cerca de 3% na matriz energética brasileira e 15% da energia elétrica. Os inúmeros investimentos anunciados na geração de energia elétrica corroboram uma estimativa (Jank, 2008) de que o potencial da indústria seria de gerar mais de 10.000 MW na safra 2012/2013. Investimentos anunciados recentemente como os da Areva (investimento de R\$ 1,2 bilhão para 10 unidades no Nordeste) e da Cosan (criação da Cosan Bioenergia e investimentos para ampliar a capacidade atual de 800 MW para 1.200 MW) sugerem que as estratégias empresariais privilegiam esta área (Valor Econômico, 2009).

O quinto ponto, que será objeto de discussão detalhada mais a frente neste relatório, refere-se aos desafios de longo prazo. A princípio, a indústria brasileira demonstra uma posição favorável em relação às alternativas de segunda geração que deve incorporar uma utilização completa da biomassa, incluindo o bagaço e a palha no caso da cana (Nogueira, 2008). No que se refere à geração de eletricidade essa lógica de aproveitamento está bem encaminhada pela indústria brasileira.

Menos presentes no atual planejamento e estratégias da maioria dos produtores brasileiros parecem estar os desafios tecnológicos e as oportunidades de diversificação que a indústria do futuro parece trazer. A indústria brasileira, solidamente implantada como produtora de etanol, ainda considera distantes os efeitos que novas matérias primas, novos processos e até novos produtos podem ter sobre a vantagem competitiva atual favorecendo novos atores.

No que se refere às oportunidades de diversificação, a indústria tem se voltado para a bioeletricidade, com resultados expressivos, mas não tem considerado as oportunidades da álcoolquímica e do conceito crescentemente valorizado de biorrefinaria. A vocação da indústria brasileira parece ser de reforçar sua base competitiva no quadro atual da indústria do etanol, valorizando investimentos na distribuição e na logística. A indústria brasileira não teria vocação/ambição para participar de uma mudança de base de matéria prima na indústria química e de energia? Da era da biotecnologia industrial?

BIODIESEL

O primeiro ponto a destacar quando se considera a indústria do biodiesel refere-se às diferenças estruturais quando se compara à indústria do etanol.

A primeira diferença refere-se ao mercado principal de consumo. Enquanto, o etanol tem o mercado americano como mercado de referência, o biodiesel se destina predominantemente ao mercado europeu com sua frota grande consumidora de diesel. A Europa é grande importador de biodiesel, o que deve se manter nos próximos anos. Mesmo que a União Européia mantenha níveis subsidiados de preços para os produtores locais, o que não parece ser a tendência principal das medidas em curso, os níveis de importação serão crescentes para atender as metas de utilização de combustíveis renováveis estabelecidas para o horizonte 2020.

A Europa é igualmente a principal região produtora, com uma história industrial já bastante desenvolvida, principalmente no caso da Alemanha que foi o grande introdutor e promotor do biodiesel. Entretanto, isso não faz da Alemanha, e mesmo da Europa, líder incontestada da produção de biodiesel a qual tende a ser bem mais dispersa do que a de etanol. Esta é a segunda diferença. Essa dispersão tende a crescer e se deslocar para países que consigam aliar estruturas industriais competitivas, em termos de escalas de produção e principalmente de disponibilidade de matérias primas, a custos competitivos.

A terceira particularidade marcante da indústria do biodiesel é a ausência de um produtor de referência competitiva como é o caso do Brasil em etanol. Pode-se dizer que a liderança competitiva em biodiesel ainda é um jogo aberto, assim como o próprio futuro da indústria baseada em transesterificação de óleos e gorduras.

A tabela 3 apresenta os principais países produtores de biodiesel no mundo. A produção mundial de biodiesel cresceu de cerca 900 milhões de litros em 2001 para cerca de 12.000 milhões de litros em 2008. Projeta-se uma produção de cerca 24.000 milhões de litros em 2013, o que corresponde a uma taxa anual de crescimento de cerca de 15%. Alemanha e EUA são os principais produtores mas a intensa construção de novas capacidades em diversos países sugere que as posições no *ranking* dos produtores deve sofrer grandes mudanças nos próximos anos.

Tabela 3 – Principais países produtores de biodiesel – em milhões de litros (2007)

PAÍS	VOLUME	Observações
Alemanha	2.890	
França	872	
Itália	363	
EUA	2.766 (2008)	
Reino Unido	400	Capacidade 657 milhões l em 2007
Brasil	1.063 (2008)	Capacidade autorizada 3.038 milhões litros, ocupação 35%
Argentina	1.100 (2008)	soja, voltado para exportação, capacidade estimada em 2010 3,7 bilhões litros
Malásia	134 (2008, até setembro)	Dendê, ociosidade em 2008 de 90%, capacidade instalada 810 milhões e 1.120 milhões em construção.

Fonte: compilação a partir de revistas especializadas

Esta estrutura industrial portanto está em forte transformação e deve evoluir em função das diferentes motivações e lógicas de investimento nas diversas regiões do mundo, além das dimensões dos mercados locais face ao mercado internacional. Mesmo sem considerar o peso da evolução tecnológica dos biocombustíveis sobre a produção do biodiesel e mantendo-se no âmbito da primeira geração, deve ser destacado o processo de busca de matérias primas competitivas.

Depois de constatadas as dificuldades com as oleaginosas produzidas em larga escala de forma competitiva como a soja (instabilidade de preços e competição potencial com alimentos, entre outros problemas), instalou-se um processo de busca de uma fonte “ideal” de óleo. Nesse processo tem havido investimentos em plantas até então não cultivadas de forma intensiva como o pinhão manso e mais recentemente em algas. As algas são atualmente objeto de um vivo interesse de pesquisadores e

investidores. O número de empresas, apoiadas por recursos de *venture capital* em sua maioria, se multiplica³. Potencialmente, as algas são atraentes como fontes de óleos e poderiam resolver uma dificuldade fundamental da indústria de biodiesel. O potencial é reconhecido: alto rendimento em óleo (60%), rápido crescimento, utilização de terras e recursos de baixo custo de oportunidade, não competição com alimentos e elevada incorporação de CO₂. (Darzins, 2009)

Entretanto, melhor compreensão dos princípios de base ainda é necessária para que o *scale up* comercial seja viável. Considerações tanto de biologia quanto de engenharia são críticas e P&D fundamental e aplicado será necessário. O estágio atual ainda seria de apoio coordenado de agências governamentais, academia, empresas e investidores. O Algae Biofuels World Summit em San Francisco-CA, março 2009, parece ter confirmado o estágio atual do setor: uma grande variedade de pesquisas, projetos e temas, mas ainda uma disparidade de custos e de concepções que atestam a etapa fluida da tecnologia e a colocam ainda a alguma distância da aplicação comercial. (Aranda, 2009)

A discussão acima sobre a onda de interesse que as algas têm despertado atesta o estágio de indefinição da indústria do biodiesel. Entretanto, considerando as condições atuais da indústria – produção a partir de oleaginosas estabelecidas e gorduras (sebo bovino) pela rota de transesterificação - os principais países e regiões produtores apresentados na tabela 3 podem ser classificados em três grandes grupos:

- Produtores voltados para utilização local: Europa, Brasil
- Produtores voltados para exportação: Malásia, Indonésia, Argentina
- Produtores de vocação mista ou indefinida: EUA

As características estruturais da indústria variam em cada região produtora em função da motivação e objetivos da produção local. Examina-se em seguida o caso brasileiro, destacando as particularidades estruturais da indústria brasileira.

³ Mais de 60 empresas podem ser identificadas com atuação em algas para produção de óleo. Os investimentos têm ido expressivos estimando-se em cerca de \$ 84 milhões de recursos de *venture capital* além de alguns investimentos destacados como: **LiveFuels**: \$10M (2007), **Aurora BioFuels**: \$20M (2008), **Sapphire Energy**: \$100M (2008), **Solazyme**: \$45M (2008), **Algenol Biofuels**: \$850M (etanol)

Estrutura da produção no Brasil

Assim como no resto do mundo, a produção de biodiesel no Brasil caracteriza-se por um estágio de indefinição e ainda em forte transformação. Esse ponto será desenvolvido em mais detalhes na discussão na seção 3 sobre os investimentos em médio prazo. Cabe sublinhar aqui que as características estruturais da indústria brasileira de biodiesel estão sendo conformadas pelas diretrizes do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), lançado em 2004, de um lado, e pelas variáveis técnico-econômicas próprias da indústria, de outro. Como esses dois vetores nem sempre atuam numa mesma direção, algumas indefinições e incertezas marcam o estágio atual da indústria.

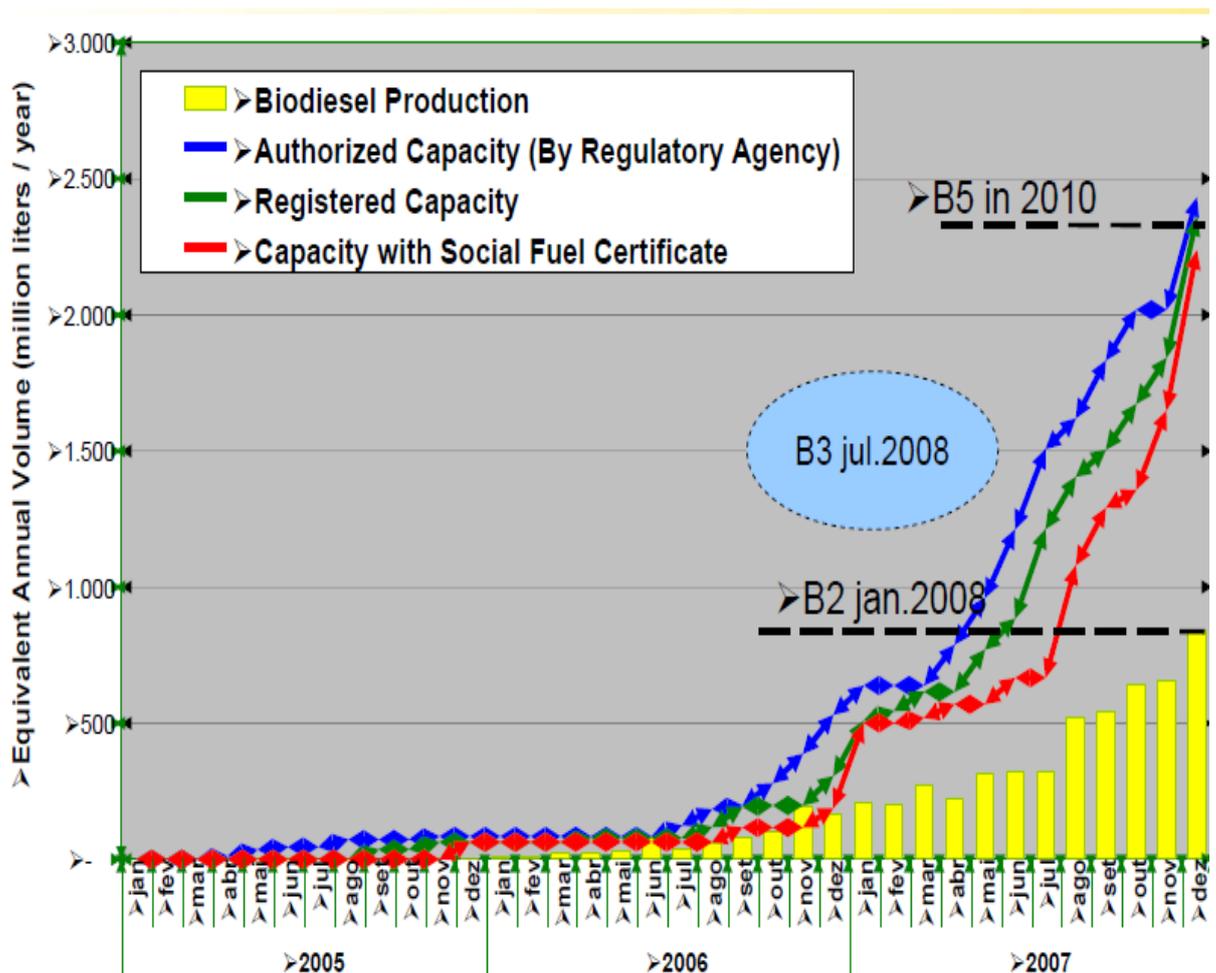


Gráfico 1 – Evolução da capacidade instalada e da produção de biodiesel no Brasil

Fonte: ANP, 2008

O gráfico 1 ilustra a evolução da produção brasileira de biodiesel. Pode-se constatar o claro sucesso do PNPB em gerar capacidade de produção que já se encontra acima do volume esperado para uma adição de 5% de biodiesel no diesel mineral, prevista para 2010. Ressalte-se que a implantação do B5 estava anteriormente prevista para 2013 e foi antecipada para 2010.

Entretanto, o exame das características estruturais da oferta traz um quadro complexo que merece ser considerado cuidadosamente nos programas de investimento da indústria. A análise da estrutura da oferta a partir da tabela 4 e do gráfico 1 permite evidenciar elementos importantes sobre a indústria do biodiesel no Brasil.

Tabela 4 – Perfil das usinas de biodiesel – Brasil, 2008

NÚMERO TOTAL DE USINAS	127
Com capacidade > 30MM m ³ /a	64
Em planejamento	21
Em construção	15
Construídas e fora de operação	4
PRODUZINDO	24
Capacidade instalada em produção	2.400 MM m ³ /a

Fonte: BiodieselBR

O primeiro ponto a ser destacado é a rapidez com a capacidade de produção foi gerada com um crescimento acelerado desde a implantação do PNPB. Entretanto, as capacidades das usinas apresentam grande dispersão, não se definindo até o presente estágio em torno de valores médios indicativos de uma possível capacidade econômica. Nota-se ainda a ausência relativa de grandes plantas. O ritmo de crescimento da escala encontra-se abaixo da média internacional. Considerando-se a capacidade instalada efetivamente em produção – 2.400 MM m³/a para 24 plantas – tem-se uma média de capacidade da ordem de 100.MM m³/a, o que pode ser considerado baixo se comparado às escalas médias internacionais. A tendência

internacional, com base nas capacidades dos projetos anunciados, indica que entre 330 projetos de plantas de biodiesel (ICIS, 2008) mais de 1/3 (114 projetos) apresenta capacidade de produção igual ou superior a 200.000 t/a e apenas 88 projetos estão abaixo de 100.000 t/a.

A capacidade instalada atual corresponde aproximadamente à demanda prevista em 2010 com a introdução do B5. Como a demanda atual é B3, a indústria vem funcionando com nível elevado de ociosidade. O nível de ocupação das capacidades encontra-se abaixo de 50% em média. Além disso, chama a atenção a existência de plantas já construídas, mas sem produção. Parece que não existem dificuldades para o investimento em capacidade produtiva. Entretanto, a organização da produção e a operação efetiva das unidades têm se revelado uma dificuldade para muitos dos produtores, o que tem resultado em problemas de rentabilidade para alguns deles.

Se considerarmos apenas a demanda interna, a projeção das capacidades para os próximos anos mantém a perspectiva de excesso de capacidade na indústria. Supondo que apenas a metade das unidades “em planejamento” venham a ser construídas, a capacidade instalada em 2010 seria da ordem de 3.800 MMm³/a para uma demanda estimada em 2.400 MM m³/a.

A estrutura atual da oferta reflete em grande parte o cenário de múltiplas alternativas tecnológicas e mercadológicas, ainda em aberto, com as quais a indústria tem convivido. Essas alternativas envolvem as matérias primas, a escolha da tecnologia e da escala, e o tipo de investidor.

Desde o início do PNPD, a disponibilidade e variedade de matérias primas parecia ser um trunfo do biodiesel brasileiro (NAE,2005). Considerando o peso de cerca de 80% da matéria prima no custo de produção do biodiesel, fica claro o valor estratégico que a fonte de matéria prima tem na competitividade da indústria. Até o momento entretanto a indústria tem utilizado principalmente a soja (cerca de 78%) e em segundo lugar o sebo (cerca de 19%). Todas as demais matérias primas atingem apenas pouco mais de 2% da produção nacional. Além de dificuldades na disponibilidade das matérias primas, a evolução dos preços tem trazido grandes dificuldades para as empresas, levando à interrupção da produção em diversos casos.

Tabela 5 – Matérias primas utilizadas na produção de biodiesel
Brasil – janeiro a novembro 2008

MATÉRIA PRIMA	PERCENTUAL MENSAL MÉDIO
Óleo de soja	78,45
Sebo	19,43
Óleo de algodão	1,80
Óleo de dendê	0,25
Outros (mamona, porco e fritura)	0,07
TOTAL	100,00

Fonte: Duarte, 2009

A tabela 5 apresenta as matérias primas utilizadas na produção de biodiesel no Brasil no período janeiro a novembro de 2008. Existe uma visão de muitos estudiosos da indústria de que sem um projeto capaz de resolver esse problema a indústria terá grandes dificuldades em assegurar um crescimento sustentável.

O problema da escolha da tecnologia de produção está ligado à escala de produção e ao modelo de negócios adotado. As plantas de escala mais elevada tendem naturalmente a incorporar um processo contínuo de operação e a operar com menor flexibilidade em termos de matéria prima. Esse é o conceito proposto pela maioria dos fornecedores de tecnologia e plantas *turn key*. Entretanto, modelos de negócio que privilegiem a flexibilidade e a utilização de múltiplas matérias primas deveriam preferir plantas em batelada e de escalas mais modestas. A adequação da escolha tecnológica é um problema crítico em indústrias desse tipo. A tecnologia vem incorporada nos equipamentos e projetos que são desenvolvidos externamente pelas firmas de engenharia e adquiridos por investidores – muitas vezes com pouca experiência industrial – levando a um descasamento do modelo de negócio e da escolha tecnológica.

O caso do uso do etanol ou metanol na reação de transesterificação é outro indicativo desse problema tecnológico. Sempre foi valorizada a idéia de que se deveria usar o etanol como reagente. Esta seria mais uma vantagem do biodiesel brasileiro. Existem inclusive aspectos técnicos que dariam ao etanol etílico melhor comportamento a baixas temperaturas, segundo alguns pesquisadores. O metanol é importado e tem que ser levado em caminhões até as plantas de biodiesel, a maioria delas localizadas em regiões próximas da produção de etanol e distantes do litoral. Entretanto, poucos produtores utilizam o etanol. O problema é tecnológico, já que a recuperação do etanol é mais difícil. Há tendência a favorecer a formação de sabão e torna-se mais difícil a

separação biodiesel/glicerina. Apenas produtores que realizaram desenvolvimentos tecnológicos próprios, como a Fertibom, são atualmente capazes de produzir biodiesel pela rota etílica. (Aranda, 2009)

Finalmente, o tipo de investidor ainda é bastante diversificado na indústria brasileira de biodiesel. Ao lado de entrantes com pequena experiência industrial atraídos pela oportunidade de mercado e acesso fácil à tecnologia de produção, encontram-se numerosas empresas da área agro-industrial e de energia. O porte das empresas também é muito variado. Estão presentes empresas de pequeno e médio porte e vocação regional de atuação ao lado de empresas de maior porte que investem em biocombustíveis com uma perspectiva mais ambiciosa de atuação, privilegiando a escala e eventualmente o mercado internacional. Essa diversidade parece ocorrer também no mercado internacional em diversos países. Cabe entretanto ter em mente que o amadurecimento da indústria tende a reduzir essa diversidade e a favorecer um perfil de competidor mais em consonância com as características estruturais da indústria. Na indústria brasileira, a pergunta central que se coloca hoje é: **que modelos de negócio vão emergir no biodiesel?** A resposta depende da relação entre as dimensões técnico-econômicas da indústria (inerentes às suas características estruturais de produção de commodities energéticas dentro do modelo atual de transporte e de uso de combustíveis líquidos) e as regulamentações emanadas do PNPB (que expressam também os interesses de política industrial e social).

2.2 – Dinâmica tecnológica e de inovação em biocombustíveis

Como já mencionado nas premissas estabelecidas neste relatório, existe um movimento de amplitude expressiva, em termos dos esforços de pesquisa e de inovação, voltado para a indústria de biocombustíveis. Esse movimento pode ser de importância crucial na moldagem da indústria de biocombustíveis do futuro. Assim, sua compreensão é chave para os investimentos em biocombustíveis em longo prazo.

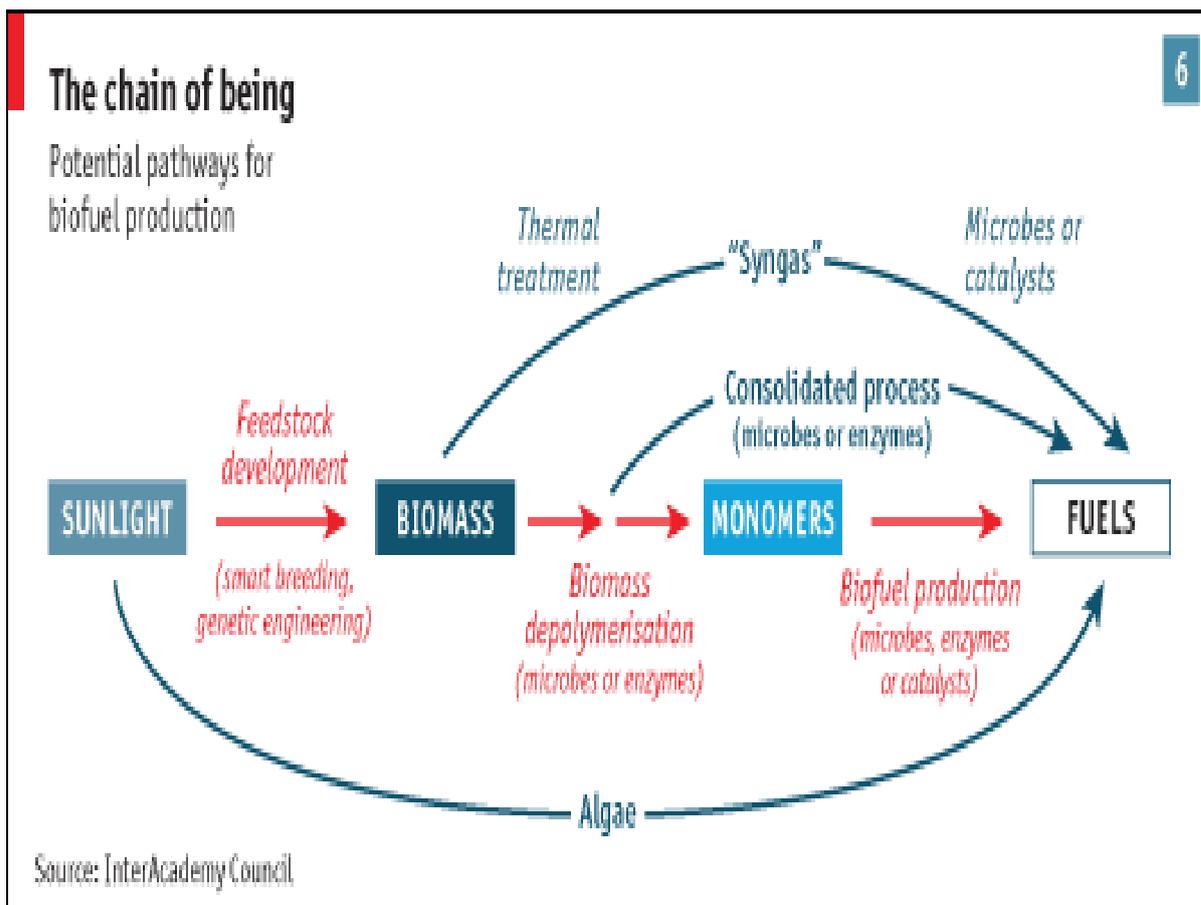
Esse movimento costuma ser designado como voltado para o desenvolvimento dos chamados biocombustíveis de segunda geração ou biocombustíveis avançados. Dada a diversidade de alternativas tecnológicas e concepções que têm sido propostas, a denominação “segunda geração” está se tornando inadequada por destacar essencialmente algumas opções iniciais, como etanol de materiais celulósicos, em detrimento de um espectro muito mais rico e complexo que está sendo desenvolvido.

Antes de apresentar as características da dinâmica tecnológica e de inovação, cabe reforçar os fatores que justificam o ambiente de busca de inovações em biocombustíveis:

- Os biocombustíveis de 1ª geração competem com alimentos diretamente ao utilizarem matérias primas nobres e de uso alimentar;
- Os biocombustíveis de 1ª geração competem com os alimentos, mesmo se não deslocam alimentos para uso energético, ao ocuparem terras férteis e deslocarem a produção de alimentos;
- Os biocombustíveis de 1ª geração não são sustentáveis do ponto de vista ambiental;
- Os biocombustíveis de 1ª geração não têm condição, pelo nível de produtividade atual, de serem produzidos nos volumes previstos para atender os programas de utilização de energia renovável;
- Os biocombustíveis de 1ª geração não são substitutos ideais dos derivados de petróleo em termos energéticos.

Em função desses pontos, um número expressivo de iniciativas têm sido lançadas para responder aos desafios e explorar as oportunidades que a “energia do futuro” oferece. Do ponto de vista tecnológico, as alternativas em desenvolvimento podem ser resumidas pelo desafio de transformar a luz do sol em combustíveis líquidos, atuando, de forma combinada ou não, no aumento de produtividade e modificação da própria biomassa e nas diversas alternativas de conversão da biomassa, rotas diretas ou em duas etapas, por via fermentativa, enzimática, química ou termoquímica para obter diferentes tipos de combustíveis. A figura 1 ilustra a natureza do problema envolvido e apresenta algumas das rotas que poderiam gerar combustíveis a partir da biomassa.

Figura 1 - Da luz do sol aos combustíveis – algumas rotas possíveis
(Fonte: The Economist, 2008)



Assim, os projetos em desenvolvimento se voltam para a busca de melhores produtos, melhores processos e melhores matérias primas (de preços mais baixos e estáveis, e com menores problemas de disponibilidade) para a produção de biocombustíveis que possam superar as limitações atuais da indústria.

A análise da dinâmica tecnológica e de inovação em biocombustíveis pode ser desenvolvida segundo as três dimensões que orientam as inovações tecnológicas em biocombustíveis: matérias primas, processos de conversão e produtos. Essa forma de observação permite ultrapassar a habitual segmentação entre 1ª e 2ª geração a qual não traduz inteiramente o processo em curso como um processo de inovação envolvendo as indústrias estabelecidas e a indústria de biocombustíveis do futuro.

No quadro 1, são identificados alguns dos principais projetos tecnológicos em biocombustíveis. Incluem-se projetos em estágio de P&D inicial e projetos em estágios mais avançados (piloto ou planta de demonstração). São identificadas algumas dimensões críticas dos projetos: natureza da inovação, identificação das empresas

envolvidas, background tecnológico chave. A lista não é exaustiva, mas representativa da variedade de projetos de inovação em curso. O objetivo é antes de tudo propiciar uma visão da natureza do processo. Esse processo tem as características dos processos históricos de inovação com grandes esforços tecnológicos, múltiplas opções e diversidade de atores envolvidos.

Naturalmente, os possíveis resultados na forma de inovações difundidas no mercado de combustíveis não podem ser antecipados no presente estágio. Trata-se efetivamente de um processo voltado para a geração de variedades que dentro da dinâmica da inovação serão selecionadas ao longo do tempo e contribuirão para a construção da indústria de biocombustíveis do futuro.

O objetivo da análise aqui não é avaliar a viabilidade técnico-econômica das alternativas, mas identificar elementos que podem ajudar na identificação das dimensões chave do investimento no setor em longo prazo. Alguns pontos podem ser destacados.

Quadro 1 - Inovação em biocombustíveis – projetos selecionados

EMPRESA	BACKGROUND	PARCERIAS	INOVAÇÃO
logen	Biotecnologia	JV com Shell	Etanol a partir de lignocelulose, hidrólise enzimática, planta de demonstração (2,5 milhões litros)
Abengoa	Engenharia, TI		Etanol a partir de lignocelulose, hidrólise enzimática, planta piloto
Mascoma	Biotecnologia	GM, Marathon	Etanol a partir de lignocelulose, hidrólise enzimática direta
Ceres	Biotecnologia, engenharia genética		Melhor produtividade (switchgrass, cana e sorgo)
Arbogen	Biotecnologia, eng. genética		Melhor produtividade (eucalipto, pinus, álamo)
Cana Vialis	Biotecnologia	Votorantim Novos Negócios; adquirida pela Monsanto	Melhor produtividade da cana
Alellyx	Biotecnologia, eng. genética	Votorantim Novos Negócios; adquirida pela Monsanto	Modificação genética para aumentar teor de sacarose

Amyris	biotecnologia	Crystalsev	Isoprenoídes para substituir diesel a partir e cana de açúcar.
Choren		Shell, Daimler, Volkswagen	BTL (gás de síntese e FT); planta de demonstração.
Coskata	Biotecnologia	GM	Etanol a partir de gás de síntese por clostridium
Codexis	Biotecnologia	Shell, participação no capital	Novos produtos a partir de açúcar; álcoois com maior numero de C
Virent	Química	Shell	Conversão química de açúcares em combustíveis
Cellana		JV Shell e HR Petroleum	Piloto para produzir biodiesel a partir de algas
BP/Du Pont			Biobutanol por fermentação, produção comercial anunciada
EBI (Lawrence Berkeley Nat Lab e Univ de Illinois)		BP	Pesquisas em biocombustíveis; 500 milhões US\$
PETROBRAS	Petróleo		Piloto para produção de etanol a partir de bagaço; hidrólise enzimática; pesquisa básica da Escola de Química, UFRJ
Dedini	Engenharia, processos, equipamentos		Piloto para produção de etanol a partir de bagaço por hidrólise rápida

Fonte: elaboração própria a partir de imprensa especializada; sites das empresas.

O ponto de partida refere-se à quantidade e diversidade das alternativas propostas que sugerem um estágio, de certa forma, fluido da tecnologia. Os estudos em economia da inovação sugerem que essa diversidade tende a ser reduzida com o amadurecimento e difusão de algumas delas como inovações bem sucedidas no mercado.

No que se refere à natureza das inovações, devem ser observados os aspectos relacionados às matérias primas, aos processos e produtos.

Quanto às matérias primas, os esforços se concentram na melhoria da produtividade de matérias primas de diversos tipos utilizando conhecimentos de engenharia genética. São desenvolvidas pesquisas em matérias primas já consagradas, como a cana de açúcar, e em matérias primas ainda não utilizadas largamente pela indústria, como os materiais celulósicos, as algas e novas plantas. Neste último caso, o desenvolvimento é feito na expectativa de que os novos processos de tratamento das

biomassas venham a se tornar comerciais. No caso do etanol, as inovações na produtividade da cana de açúcar reforçam os processos convencionais de produção.

A análise das inovações de processo mostra em primeiro lugar uma amplitude de técnicas em desenvolvimento, utilizando diversas bases de conhecimento (fermentação, processos enzimáticos, engenharia genética, gaseificação de biomassa, síntese química), que traduzem o desafio dos biocombustíveis avançados de forma muito mais ampla do que a simples produção de etanol de celulose. Longe de ser irrelevante, a produção de etanol a partir de materiais celulósicos é um desafio tecnológico importante, e que vem sendo perseguido por diversas empresas, mas que não pode ser visto como sinônimo de biocombustíveis de segunda geração, como parece ser às vezes a percepção dominante. A variedade de processos aponta ainda para a presença de empresas com *backgrounds* variados de conhecimento e que tradicionalmente não estavam presentes no mercado de energia. É o caso de forma notável das empresas de biotecnologia, algumas com histórico de desenvolvimentos importantes em outras indústrias como a farmacêutica.

Uma dimensão importante que pode ser evidenciada pela análise das propostas de inovação em desenvolvimento é a relacionada aos novos produtos. Inovações de produto são raras em combustíveis líquidos. A lógica natural da indústria é estabelecer especificações bem definidas de alguns produtos e buscar em inovações de processos a redução de custo e a melhoria de características⁴. Nessa linha, boa parte dos esforços está dirigida para desenvolver novos processos para a produção de combustíveis já conhecidos e utilizados, como o etanol. Mas o estágio atual da indústria vislumbra oportunidades de introduzir novos produtos, de origem renovável, que se aproximem da condição de combustíveis ideais, que não é o caso do etanol. Citam-se como exemplos interessantes os projetos da Codexis e da Amyris, ambos baseados em biotecnologia avançada. O primeiro visa a desenvolver álcoois de maior número de carbonos (terão maior poder energético do que o etanol) e o segundo a obter líquidos (isoprenóides) com características de diesel a partir da cana de açúcar. O caso da Amyris chama a atenção pela utilização para novos produtos da melhor matéria disponível atualmente para biocombustíveis, a cana de açúcar. Ainda na linha da inovação de produto devem ser mencionadas as iniciativas de desenvolver a produção de biobutanol por DuPont/BP e por cinco outras *start-ups* de biotecnologia

⁴ A lógica de especificações e normas rígidas em combustíveis, além do comportamento conservador da indústria de equipamentos de transporte (montadoras) atua como freio às inovações de produto em combustíveis.

(Cobalt Biofuels, Gevo e Tetravita Bioscience, nos EUA, Green Biologics, no Reino Unido, e Metabolic Explorer, na França). (De Guzman, 2009)

Ainda relacionado às inovações de produto, não pode deixar de ser mencionada a crescente importância do conceito de biorrefinaria. Esse conceito sugere que a exploração das biomassas precisa integrar uma visão multiproduto, explorando diversas correntes e processos, à semelhança das refinarias de petróleo que derivam do óleo um conjunto variado de produtos. No caso da biorrefinaria, os produtos energéticos aparecem ao lado de produtos químicos. As biorrefinarias têm sido financiadas com empenho pelo governo americano (DOE e NREL), existindo cerca de 6 projetos em andamento. No Brasil, algumas iniciativas foram registradas de aproveitamento da cana de açúcar para a geração de outros produtos além do etanol. Citam-se os projetos da Oxiteno, da associação Dow-Cristalsev e da Braskem. Dentro da linha de aproveitamento diversificado dos produtos derivados da biomassa, mas sem aplicar efetivamente o conceito de biorrefinaria, deve ser mencionado o projeto Braskem de produção de biopolietileno a partir de etanol. Essa tendência de valorização de bioprodutos ao lado de combustíveis de grande volume é vista como importante na indústria baseada em biomassa que seria no futuro centrada em processos integrados de biorrefino gerando biocombustíveis e outros bioprodutos.

Podem ainda ser observadas as empresas envolvidas nos desenvolvimentos e a variedade de abordagens estratégicas. Destacam-se as empresas que contribuem com o seu conhecimento tecnológico de base: empresas de biotecnologia em primeiro lugar, mas também empresas de química (Du Pont) e enzimas (Novo). Movimentos recentes de empresas como Monsanto (adquirindo *start ups* brasileiras de genética da cana) e da BASF anunciando o interesse em encontrar parceiros para atuar também na biotecnologia aplicada à cana de açúcar reforçam a diversidade de novos atores em biocombustíveis.

Algumas empresas podem ser caracterizadas pelo seu envolvimento com os combustíveis convencionais: empresas de petróleo e indústria automobilística. Essas empresas, além do aporte de financiamento para os projetos de pesquisa, podem ser importantes detentores de ativos complementares estratégicos para a introdução e adoção das inovações no mercado de combustíveis líquidos. No caso das empresas de petróleo, o negócio representa igualmente uma oportunidade de diversificação em relação aos combustíveis fósseis.

Um terceiro tipo são as empresas ligadas ao negócio agroindustrial. Aqui aparecem as empresas tradicionais como Cargill e ADM, com história de envolvimento na agroindústria de alimentos. Essas empresas podem ser vistas também como detentoras de ativos complementares nesse caso ligados à cadeia de produção agrícola e logística de suprimento. Entre empresas com história em biocombustíveis aparecem apenas a Cristalsev (produtora brasileira de etanol) e a Dedini (empresa de engenharia e equipamentos).

Chama a atenção a presença marcante da Shell em cinco projetos diferentes. São cinco plataformas diferentes todas exploradas na forma de associação ou participação em empresas de base tecnológica. Os projetos incluem a produção de novas matérias primas (algas), inovações de processo (bioetanol de materiais celulósicos, combustíveis líquidos como diesel pela rota termoquímica e combustíveis a partir de açúcares pela rota química) e inovações de produtos (álcoois com maior número de átomos de carbono). A abordagem da Shell enfatiza com clareza a aposta na inovação tecnológica como base da competição em biocombustíveis e orienta essa aposta para a exploração de diversas plataformas diferentes. Na estratégia da empresa, uma ou mais plataformas poderiam se relevar vencedoras da competição tecnológica, serem escolhidas no processo de seleção e desenvolvidas como negócios em escala comercial. As demais seriam deixadas de lado.

3 Dinâmica de Investimento da Indústria de biocombustíveis no Brasil

Tomando como referência o cenário mundial dos determinantes do investimento em biocombustíveis, desenvolvido na seção anterior, esta seção estudará as especificidades brasileiras. Assim, será possível levantar as questões chave que devem ser consideradas para o planejamento dos investimentos em biocombustível no Brasil.

O investimento será considerado aqui em dois horizontes: médio e longo prazo.

3.1 - Investimento em médio prazo em biocombustíveis no Brasil

3.1.1 – ETANOL

Evolução do consumo e da oferta

Os gráficos 2, 3 e 4 apresentam a projeção do consumo de etanol no mercado interno, a projeção o consumo internacional e a evolução da oferta da produção brasileira.

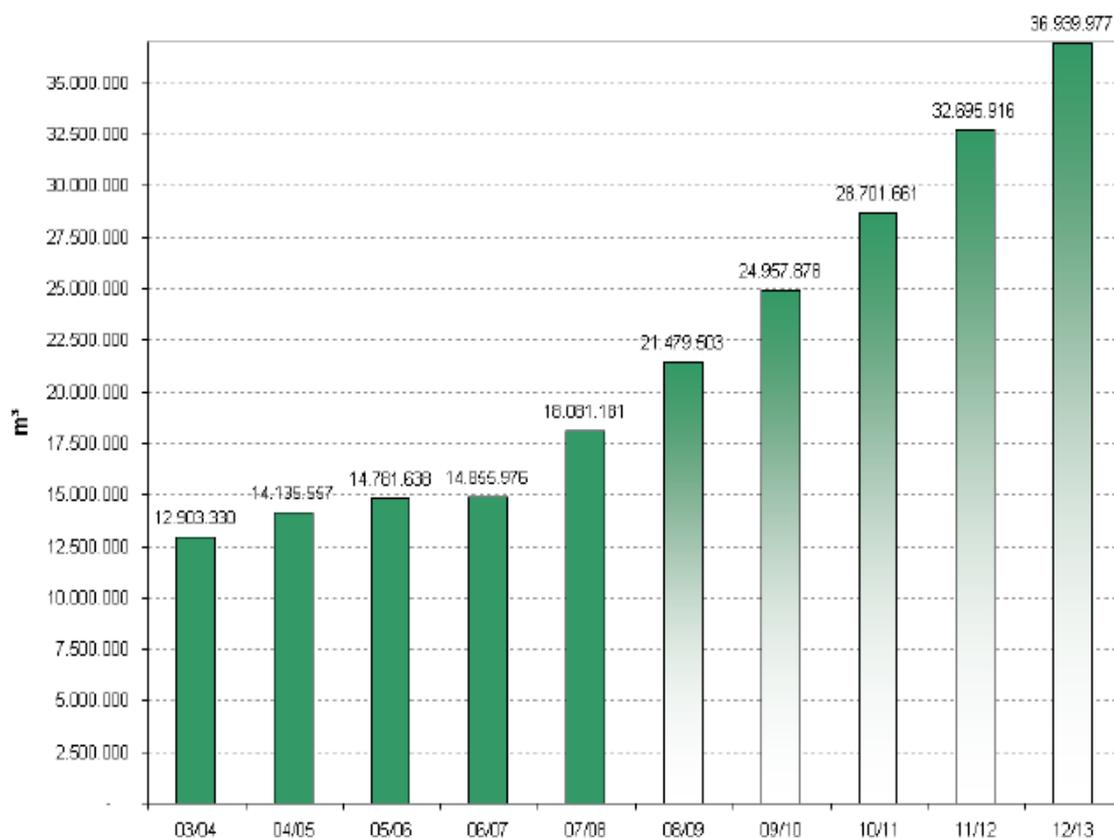


Gráfico 2 – Consumo de etanol no Brasil (2003-2013) (milhões de m3)

Fonte: UNICA, 2008; Cosan, 2008

As projeções de consumo para o horizonte 2012/2013 apontam para taxas de crescimento sustentadas no período prevendo-se consumo da ordem de 37 bilhões de litros em 2012/2013. Embora o consumo interno tenha ficado acima de 19 bilhões de litros em 2008, os volumes projetados pressupõem uma retomada sustentada da atividade econômica nos próximos anos.

No mesmo horizonte de médio prazo, a produção internacional deve evoluir segundo o que mostra o gráfico 3. Como já mencionado, estimam-se taxas de crescimento para o consumo mundial de etanol da ordem de 10% ao ano. Em 2006, o consumo mundial foi da ordem de 48 bilhões de litros e deveria atingir, ao ritmo de crescimento indicado, cerca de 130 bilhões de litros em 2012. Considerando-se a projeção das utilizações previstas (permitidas e mandatórias) pode-se estimar um mercado potencial de mais de 40 bilhões de litros no horizonte 2012. Isso sugere que o mercado mundial deve ser

fortemente comprador de etanol nos próximos cinco anos, ressalvados os efeitos da crise internacional.

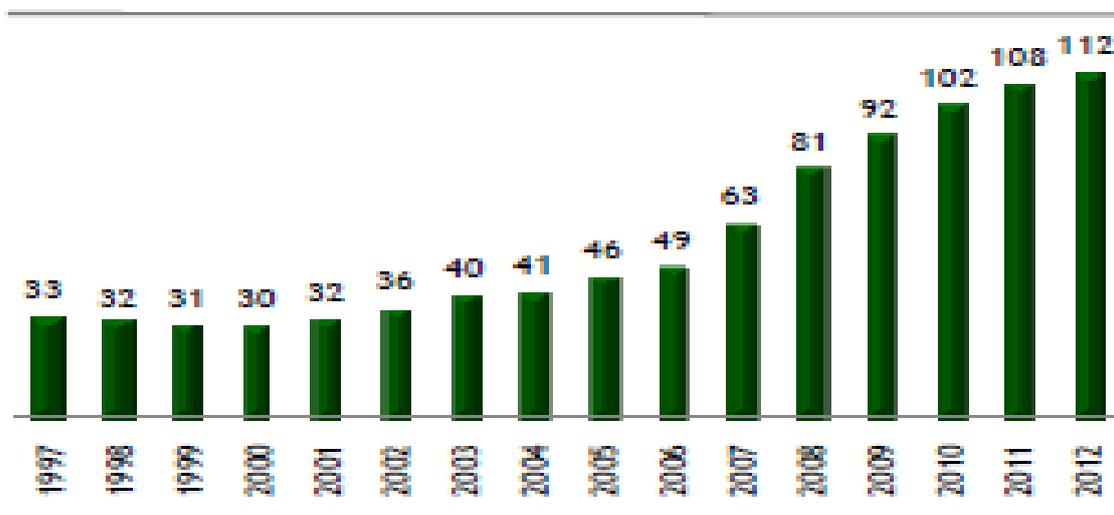


Gráfico 3 – Evolução da produção mundial de etanol (1997-2012) (bilhões de litros)

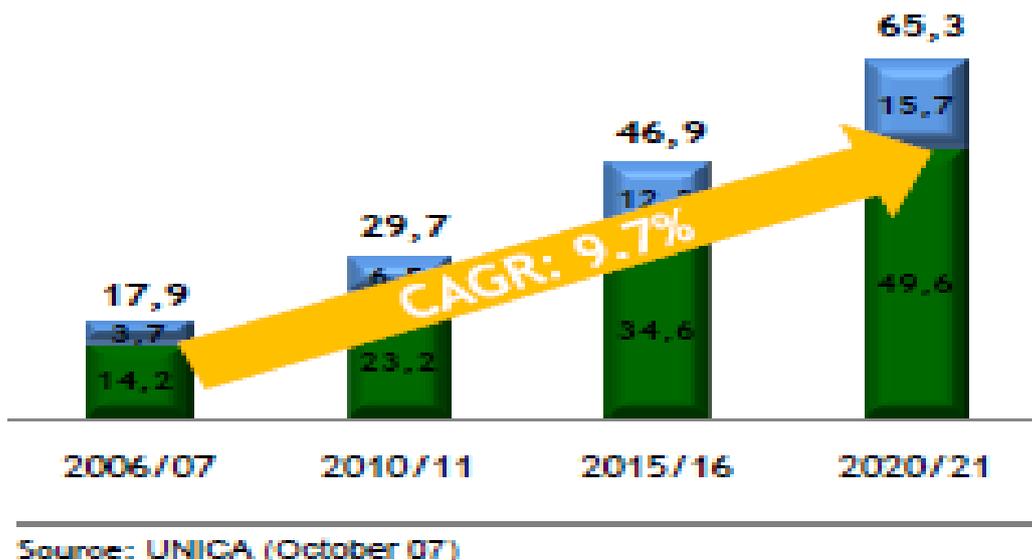
Fonte: F O Licht

Nesse cenário, cabe examinar a evolução da produção brasileira que deve crescer segundo o ritmo que mostra o gráfico 4. Existem hoje 333 usinas em operação, 24 em construção, 57 em projeto, o que sugere a sustentação desse ritmo de crescimento.

O excedente exportável em 2012 deve ultrapassar 7 bilhões de litros. Anunciam-se investimentos em logística que devem melhorar as condições de exportação tornando-a mais competitiva. O interesse expresso pela Petrobras de investir na produção para exportação e na logística reforça a perspectiva exportadora da indústria. A meta de exportação da PETROBRAS para 2012 é bastante ambiciosa - 4,75 bilhões litros – se considerados os números atuais e as próprias projeções da indústria (Jank, 2008; PETROBRAS, 2008).

Note-se que as taxas de crescimento projetadas – consumo interno, consumo internacional e produção brasileira – alinham-se em torno da faixa de 10% ao ano para os próximos 10 anos. Isso sugere uma perspectiva de crescimento sustentável da indústria ao longo de pelo menos uma década.

Gráfico 4 – Evolução da produção brasileira (2006-2021) (bilhões de litros)



Caracterização dos investimentos de curto prazo: dimensões de evolução da estrutura da indústria e estratégias

Algumas dimensões estruturais aparecem no centro da evolução da indústria do etanol nos próximos anos. As estratégias das principais empresas podem ser observadas tendo esse quadro estrutural em mente. Identifica-se um encaminhamento claro com tendências estruturais e estratégicas que asseguram a competitividade da indústria no horizonte de médio prazo considerado. Destacam-se a seguir as principais dimensões e tendências estratégicas identificadas por este estudo:

- **Consolidação da indústria**

A tendência de consolidação da indústria tem se acelerado nos últimos anos e deve se manter segundo os movimentos mais recentes de fusões e aquisições. Deve ser notado que o setor ainda é bastante competitivo para o padrão das indústrias de energia: existem mais de 300 usinas em operação, sendo a maioria empresas familiares de porte relativamente pequeno para as economias de escala que o negócio etanol parece apresentar. Os 10 maiores grupos têm menos de 30% do mercado em termos de quantidade de cana esmagada e o líder - Cosan – atinge cerca de 9% de participação. Medidas do índice HHI indicam uma indústria ainda muito desconcentrada. O indicador, considerando os grupos econômicos, evoluiu de 0,013 em 1999/2000 para 0,018 em 2007/2008 (Fonseca e Menard, 2008).

- **Presença de entrantes estrangeiros**

Um dos elementos do processo de consolidação é a entrada de investidores estrangeiros que utilizam uma estratégia de entrada baseada em aquisições e posterior investimento em novas capacidades. Destacam-se 2 tipos de entrantes: empresas com presença na agroindústria internacional (ex: Louis Dreyfus) ou fundos de investimento constituídos com a finalidade de atuar na indústria brasileira (Ex: Grupo Infinity). Registre-se também a entrada de outros investidores nacionais importantes como o Grupo Odebrecht (projeto ETH que almeja a liderança da indústria em 2015) e a PETROBRAS (que almeja se tornar grande exportador de etanol). Essa tendência de entrantes naturalmente reforça o processo de consolidação da indústria acima indicado.

- Modernização da gestão

De uma forma geral, a indústria tem acelerado o processo de profissionalização da gestão que é notável tanto pelos grupos nacionais quanto pelos grupos estrangeiros que trazem executivos e práticas de outras indústrias. Da mesma forma, a entrada de investidores industriais de porte tende a acelerar o processo de modernização da gestão do setor.

- Base tecnológica inalterada e evolução da produtividade na linha de tendência atual.

No que se refere à tecnologia e infra-estrutura de produção, a indústria, tanto os investidores nacionais quanto os entrantes estrangeiros, têm enfatizado em suas estratégias a competitividade do etanol brasileiro e a importância de mantê-la reforçando as bases atuais da tecnologia. Depreende-se daí a estratégia de evolução da produtividade na linha de tendência histórica, buscando explorar o potencial de crescimento de produtividade identificado na base tecnológica atual (NIPE, 2007, Nogueira, 2008).

Uma estratégia divergente em certo grau da maioria dos produtores de etanol é a da Cristalsev que tem buscado alianças com empresas estrangeiras voltadas para o desenvolvimento de novas tecnologias e diversificação em novos produtos (alianças com Amyris, empresa de biotecnologia americana, e com Dow Chemical).

- Esforços em logística e infra-estrutura de exportação

Como já mencionado, os produtores com vocação exportadora têm reforçado os investimentos na melhoria da logística e infra-estrutura de exportação. A participação

da PETROBRAS nesse esforço sinaliza a importância dos investimentos a serem realizados.

- Verticalização e diversificação

A verticalização é vista como estratégica por alguns dos principais produtores de etanol como atestam os movimentos na direção da distribuição não só de etanol mas de combustíveis em geral, como no caso da Cosan.

A principal estratégia de diversificação da indústria está orientada para a produção de energia elétrica em co-geração. A indústria do etanol deve se consolidar como fornecedor relevante de energia elétrica. Com exceção das alianças anunciadas pela Cristalsev, não se registram movimentos de diversificação para novos processos e produtos.

- Entrada da Petrobras

A entrada da Petrobras em etanol tem uma dimensão de complementaridade com a indústria estabelecida. Tendo em vista os investimentos anunciados, identifica-se que o foco da empresa é a comercialização internacional do etanol. Os projetos anunciados em logística (construção de dutos) e produção em associação com investidores estrangeiros (Toyota, por exemplo) são voltados para reforçar as exportações e penetração no mercado internacional. As metas da empresa são de exportar 4,75 bilhões de litros em 2012.

3.1.2 BIODIESEL

Como desenvolvido na seção 2, as dimensões estruturais da indústria brasileira de biodiesel podem ser sintetizadas nos seguintes pontos:

- Número elevado plantas com capacidade instalada expressiva e crescente
- Escalas dispersas e pequenas em relação à tendência média mundial
- Baixo nível de utilização da capacidade
- Problemas de suprimento de matérias primas
- Incertezas tecnológicas: contínua ou batelada? Metanol ou etanol? Dedicada ou flexível?
- Diversidade de modelos de negócio
- Diversidade de investidores: tradicional (regionais, porte médio ou pequeno) X grandes empresas (agroindústria e petróleo)

A indústria se apresenta dessa forma com uma estrutura ainda em processo de definição, persistindo problemas que podem afetar a sua sustentação no horizonte considerado. Assim, algumas questões chave devem ser identificadas para caracterizar o investimento em biodiesel em médio prazo. Essas questões partem do atendimento das metas de utilização de biodiesel no mercado interno e incluem os aspectos estruturais ligados à utilização da capacidade instalada, à exportação, à entrada da PETROBRAS e à própria evolução da estrutura industrial. Essas questões chave são discutidas a seguir:

- Atendimento da meta B5 para 2010 assegurado

Se considerarmos a capacidade instalada e os investimentos em curso, o atendimento das metas de curto prazo pode ser efetivamente tido como assegurado. Entretanto, com o quadro de indefinições principalmente em relação aos preços das matérias primas e os preços do biodiesel, pode haver problemas de entrega do produto.

- Grande excedente de produção, mesmo se considerarmos modestas utilizações de capacidade.

Partindo do nível de capacidade anunciado e da demanda prevista para o mercado interno, mesmo se considerarmos níveis modestos de utilização da capacidade, haveria teoricamente excedente de produção no mercado interno. Isso levaria, na ausência de alternativa de escoamento desse excedente de produção, a perda de rentabilidade e eventual fechamento de produtores menos competitivos. Uma alternativa seria a exportação.

- Necessidade de estruturação técnica, logística e comercial para exportação.

Teoricamente, existe capacidade instalada para exportação, mas persistem dificuldades de estruturação da cadeia produtiva tanto em termos técnicos quanto logísticos e comerciais. Existe oportunidade em termos de volumes demandados no mercado internacional (A União Européia importou 1,1 MM m3 em 2007 e deve continuar como grande importador para atender sua previsão de utilização do biodiesel).

A competitividade brasileira pode ser difícil em relação a países que estão construindo a indústria com lógica de exportação, privilegiando por exemplo a economia de escala (Argentina, Indonésia, Malásia, p ex). Cabe ressaltar entretanto que o comércio internacional de biodiesel, e dos biocombustíveis em geral, ainda está em

amadurecimento. Existem muitas questões em aberto, tanto nas especificações técnicas (tipos de biodiesel e condições climáticas, por exemplo) quanto em aspectos ambientais e sociais. Isso oferece algum espaço para a entrada brasileira, o que exigiria esforços articulados ainda não presentes.

- Necessidade de alguma convergência nos modelos de negócios e/ou de definição de estrutura industrial

Como discutido anteriormente, a indústria brasileira de biodiesel é o resultado do PNPB lançado em 2004. O programa criou uma oportunidade de mercado com a adição compulsória, o que aliado à ausência de barreiras de entrada na indústria, à facilidade de financiamento e ainda à percepção da oportunidade no mercado internacional, levou a uma onda de investimentos e de construção de capacidade em ritmo acelerado. A própria natureza do PNPB propiciou a presença de uma grande diversidade de modelos de negócios, o que seria de certa forma aceitável no início da indústria. Essa condição entretanto dificulta a consolidação da indústria e principalmente a sua sustentação de forma competitiva.

A convergência dos modelos de negócios pode ser o resultado de ações estratégicas dos competidores, levando à emergência de estruturas mais competitivas que passam a predominar no mercado e a definir a estrutura da indústria. Cabe entretanto um papel importante ao quadro regulatório que precisa co-evoluir com o desenvolvimento da indústria, avaliando as decisões e políticas face à estrutura industrial desejada. A evolução e amadurecimento da indústria do etanol podem servir de referência para a indústria do biodiesel sublinhando algumas características básicas do processo.

- Projetos para matérias primas

A questão da matéria prima não é uma peculiaridade da indústria brasileira de biodiesel. A produção de biocombustíveis tem na busca de matérias primas adequadas um dos pontos focais de estratégias e esforços tecnológicos. Em particular no caso do biodiesel via transesterificação, a estruturação de um projeto de matérias primas parece urgente para assegurar a presença dessa indústria mesmo no médio prazo. A anunciada diversidade de oleaginosas disponíveis não se concretizou até agora como ponto forte da indústria brasileira. Como foi visto, a soja ainda é largamente a matéria prima predominante. Com exceção do sebo, as demais tiveram até agora utilização marginal. A incorporação de novas matérias primas tem se revelado difícil e precisa de um projeto consistente que considere as alternativas

existentes, avalie suas potencialidades em curto e médio prazo e estimule programas adequados.

- **Entrada da PETROBRAS**

A entrada da PETROBRAS em biodiesel tem caráter bastante diverso da entrada em etanol. Aqui a PETROBRAS pretende se tornar um produtor de peso, com uma meta de produzir 938 milhões de litros em 2012. A empresa tem no biodiesel um comportamento de executora do PNPB em empreendimentos que não tem sido vistos como economicamente viáveis pela maioria dos investidores, como o investimento em biodiesel de mamona e estruturação de grandes redes de fornecedores a partir da agricultura familiar.

Do ponto de vista tecnológico, a contribuição da PETROBRAS com o desenvolvimento do H Bio está relacionada com o biodiesel. A tecnologia H Bio, assim como as de diesel renovável desenvolvida por outras empresas, está em competição com o biodiesel de transesterificação de óleos e gorduras. Cabe à PETROBRAS buscar uma forma de conciliar esse desenvolvimento – procurando explorar seu potencial tecnológico e comercial – com a sua postura de *player* importante no biodiesel convencional.

3.2 – Perspectivas do investimento no longo prazo

3.2.1 – Tendências internacionais

A perspectiva de investimento de longo prazo deve ser inserida nas tendências de evolução dos principais mercados consumidores: Europa e EUA.

Tomando por base o mercado americano, a visão de mais longo prazo, baseada nas previsões de incorporação de biocombustíveis avançados ou de 2ª geração prevista na agenda americana (EISA 2007), o crescimento pode ser assim visto para o horizonte 2030: em termos de *market share* os biocombustíveis passariam de 4.0% em 2010 para 10,0% em 2020 e 20% em 2030. Em termos de consumo essa evolução representa um crescimento anual, entre 2010 e 2030, de 9,7% em volume. (BRDI, 2007).

A hipótese inicial para orientar os investimentos em longo prazo, considera portanto um crescimento sustentado do consumo. Cabe examinar, além desse crescimento, a natureza dos biocombustíveis consumidos. A análise desenvolvida sobre a dinâmica tecnológica e de inovação em biocombustíveis sugere um importante esforço de inovações em matérias primas, processos e produtos. Faz-se então uma segunda hipótese de que os biocombustíveis em longo prazo incorporarão novas matérias primas (ou novas versões geneticamente modificadas das matérias primas atuais), utilizarão novos processos (reações enzimáticas, novas fermentações, processos termoquímicos...) e não serão mais limitados a etanol e biodiesel como hoje.

Nos EUA, o horizonte de início de produção de etanol de materiais celulósicos é estimado em 3 a 5 anos. Deve ser sublinhado o recente reforço de dotação de recursos para P&D em energia para o DOE. No orçamento divulgado recentemente foram alocados \$7.8 bilhões para P&D em energia, 18% mais do que no ano passado e um adicional de estímulo de cerca \$8 bilhões. Deve ser destacado que o Centro de Bioenergia, um dos programas mais inovadores do DOE, está concebido para funcionar como uma *start up* e desenvolver o etanol celulósico reunindo a expertise de laboratórios, universidades e indústria para atrair empresas de tecnologia (Economist, 2009).

Uma idéia da penetração dos biocombustíveis avançados pode ser dada pelas metas americanas de utilização de biocombustíveis e substituição da gasolina (tabela 5). O consumo de biocombustíveis convencionais no mercado americano, estimado em 2009 em cerca de 38 bilhões de litros, deve crescer até 2015 e se estabilizar a partir daí em cerca de 57 bilhões de litros. Os biocombustíveis avançados, celulósicos e não celulósicos, começam a ser utilizados em 2010 e crescem de forma expressiva ao longo da década de 2010. Em 2015, quando o consumo de biocombustíveis convencionais atinge o teto estimado de 57 bilhões de litros, o consumo de biocombustíveis avançados ainda é de apenas 17 bilhões de litros. Mas, espera-se que a taxa de crescimento se acelere nos anos seguintes com o amadurecimento das tecnologias e evolução das curvas de aprendizado. Em 2022, o volume de biocombustíveis consumidos no mercado americano é estimado em cerca de 137 bilhões de litros, sendo apenas 57 bilhões de litros de biocombustíveis convencionais. Os biocombustíveis avançados devem contribuir com 76 bilhões de litros, sendo 61 bilhões de celulósicos e 15 bilhões de não celulósicos. Completa o balanço o consumo de 4 bilhões de diesel derivado de biomassa.

Tabela 5 - Utilização de biocombustíveis convencionais e avançados
EUA, bilhões de litros

ANO	ETANOL CONVENCIONAL	AVANÇADO CELULÓSICO	AVANÇADO NÃO CELULÓSICO	DIESEL DERIVADO DE BIOMASSA
2008	34,2			
2009	38,0		0,4	1,9
2010	45,6	0,4	0,8	2,3
2011	45,6	0,8	1,1	3,0
2012	49,4	1,9	1,9	3,8
2013	49,4	3,8	2,7	3,8
2014	53,2	6,5	3,8	3,8
2015	57,0	11,4	5,7	3,8
2016	57,0	16,0	7,6	3,8
2017	57,0	20,9	9,5	3,8
2018	57,0	26,6	11,4	3,8
2019	57,0	32,3	13,3	3,8
2020	57,0	38,0	13,3	3,8
2021	57,0	49,4	13,3	3,8
2022	57,0	60,8	15,2	3,8

Fonte: EISA, 2007

Naturalmente essas projeções são, de certa forma, especulativas e dependem de investimentos em P&D e de inovações que consigam vencer a barreira do *scale up* e se tornarem unidades de produção em escala industrial. Como assinalado acima, do ponto de vista das políticas para energia, os recursos alocados são substanciais. Em consonância com esses recursos, iniciativas de desenvolvimento tecnológico e de inovação têm surgido em grande número e variedade, como discutido na seção 2. Pode-se portanto tomar como tendência para entender as questões chave dos investimento em biocombusíveis em longo prazo a emergência e a entrada no mercado o longo dos próximos 20 anos de novas gerações de biocombustíveis, aqui denominados biocombustíveis avançados.

3.2.2 – Inserção brasileira na pesquisa e inovação em biocombustíveis avançados

Considerando a dinâmica tecnológica e de inovação em biocombustíveis, a condição central dos investimentos em longo prazo é a inserção da indústria brasileira na futura indústria de biocombustíveis. Mesmo sem descartar que o etanol brasileiro ainda poderia abocanhar parte expressiva do mercado americano de biocombustíveis, não pode ser deixado de lado o fato de que se projeta a estagnação do consumo de biocombustíveis convencionais na metade da próxima década no mercado americano, principal consumidor de gasolina no mundo. Assim, o pressuposto chave dessa inserção é que a competitividade atual da indústria brasileira de etanol não assegura o papel que o país deseja ocupar na indústria futura. Esse papel, como desenvolvido na seção 2 deste estudo, não deveria estar restrito a uma competitividade na produção de biocombustíveis, no caso etanol, mas deveria se estender ao aproveitamento integral de biomassas não apenas com finalidades energéticas mas também como fonte de outros produtos químicos, inserindo-se na lógica de biorrefinarias.

Esse papel depende de uma ótica centrada na inovação, mais especificamente na competição pelas soluções tecnológicas em uso energético e químico a biomassa. Por isso, para entender as bases desses investimentos de longo prazo cabe discutir e avaliar o atual esforço brasileiro em biocombustíveis avançados.

Esse esforço será discutido a seguir sob a ótica das empresas e dos governos⁵. A discussão tem como objetivo chamar atenção para o peso que a visão de futuro da indústria de biocombustíveis, como apresentada neste relatório, tem nas políticas e estratégias em execução. Tomou-se como base as manifestações e iniciativas das empresas divulgadas em seus documentos estratégicos, como relatórios anuais e apresentações em seminários, assim como artigos divulgados pela imprensa especializada. No caso do governo, o foco foi o papel desempenhado pelo MCT nos dois últimos anos por meio dos editais da FINEP (subvenção econômica) e CNPq.

O papel das empresas pode ser analisado considerando os seguintes grupos: produtores de etanol, outras empresas (indústria química), empresas de tecnologia e engenharia e finalmente o papel da PETROBRAS. Os produtores de biodiesel têm uma agenda de estruturação da base produtiva no formato primeira geração ainda em curso e não serão considerados aqui.

⁵ Caberia uma pesquisa mais aprofundada sobre as políticas públicas e as estratégias empresariais em biocombustíveis, que foge aos objetivos desse estudo. Fica portanto a sugestão para futuros estudos.

Os produtores de etanol de um modo geral não têm manifestado interesse ou tomado iniciativas na direção do que poderia ser o futuro dos biocombustíveis. Os principais produtores quando incluem as novas tecnologias em suas apresentações o fazem como uma tecnologia distante. A maioria os produtores de etanol parece ter posição de assistir o amadurecimento das novas tecnologias na expectativa de ter acesso a ela no momento devido. Alguns produtores já manifestaram publicamente essa expectativa de que as novas tecnologias estejam disponíveis. É uma postura que não coloca a tecnologia como elemento competitivo central. A indústria parece muito segura de sua competitividade atual e vê pouco atrativo em olhar o futuro com outros olhos que não sejam os de produtor competitivo de etanol e de energia elétrica. O único envolvimento destacado com novas tecnologias é o do grupo Cristalsev que tem feito alianças com empresas com capacidade tecnológica inovadora (Amyris, empresa de biotecnologia, para a produção de novos combustíveis a partir da cana de açúcar, com possibilidade de substituir o diesel) e capacidade de desenvolvimento e produção (Dow) para o polietileno baseado em etanol. A linha da Cristalsev sugere que, em longo prazo, mais importante do que o etanol poderia ser a oportunidade de diversificação oferecida pela cana de açúcar como matéria prima.

Outras empresas, não participantes da produção de etanol, mas com interesse no aproveitamento de biomassa como matéria prima, têm anunciado projetos de interesse no aproveitamento de biomassa para a geração de outros produtos além de combustíveis. Citam-se os projetos da Oxiteno de uma biorrefinaria, da Braskem de uma unidade de produção de biopolietileno a partir de etanol. O projeto Braskem, (200.000 t de biopolietileno a partir de 2011, com investimentos de cerca de US\$300 milhões) tem tido grande repercussão internacional como indicador de uma trajetória de inovação da indústria química na qual o Brasil pode vir a ter um papel de pioneiro.

Entre as empresas de engenharia, cabe destacar a atuação da Dedini que é fornecedora tradicional de tecnologia para a indústria sucro-alcooleira e agora também para a indústria de biodiesel. A empresa tem desenvolvido estudos tecnológicos na linha de novos conceitos industriais com aproveitamento integral da cana de modo a aumentar o rendimento em etanol, gerar mais energia elétrica, subprodutos mais valiosos e otimizar o consumo de água (Oliverio, 2008). A Dedini tem em funcionamento, com o apoio da FAPESP, uma planta piloto de produção de etanol a partir do bagaço usando a tecnologia de hidrólise rápida. Aparentemente, esta rota não tem sido privilegiada na maioria dos desenvolvimentos em curso. Quanto aos centros de pesquisa, registre-se o interesse anunciado pelo Centro de Tecnologia

Canavieira (CTC) em instalar uma planta piloto para a produção de etanol a partir de materiais celulósicos (bagaço e palha) em parceria com a empresa dinamarquesa Novozymes, uma das empresas líderes do mercado mundial de enzimas. CTC anuncia um aporte de R\$ 2 milhões nesse projeto (Valor Econômico, 2009b).

A PETROBRAS, por sua vez, tem no seu plano estratégico investimentos previstos em biocombustíveis de US\$ 2,8 bi para o período 09/13, o que corresponde a 2,1% dos investimentos totais previstos. Esses investimentos estão destinados para alcooldutos (46%), biodiesel (29%), HBio (4%) e o restante (21%) em outros.

Segundo o Plano Estratégico 2020 da PETROBRAS, a empresa pretende desenvolver um negócio global na comercialização e logística de biocombustíveis e liderar a produção local de biodiesel. As estratégias incluem ainda desenvolver tecnologias que assegurem a liderança mundial na produção, inclusive baseada em biomassa de baixo valor. Nessa direção, os esforços tecnológicos contemplam o desenvolvimento de rotas de 2ª geração: etanol de lignocelulose (tem planta piloto em operação e planeja planta de demonstração), BTL (biomass to liquids) e bio-óleo, além do H Bio.

A empresa declara portanto de forma explícita sua estratégia de desenvolver efetivamente um negócio em biocombustíveis, tendo inclusive criado uma divisão PETROBRAS Biocombustíveis. Sua atuação nessa direção pode ser interpretada segundo pelo menos 3 linhas de ação que conciliam, de um lado, iniciativas de alcance importante de ponto de vista competitivo e de inovação e, de outro lado, iniciativas que parecem mais ligadas aos programas de governo do que à lógica competitiva da empresa. Essas 3 linhas seriam:

- *Ação comercial e de promoção da competitividade brasileira em etanol:* atuação como produtor de etanol em associação com investidores estrangeiros com vistas à exportação e principalmente construção de infra-estrutura de exportação. Volumes expressivos de recursos, quase 50% dos valores de investimentos previstos em biocombustíveis, estão alocados nessa ação. A empresa tem meta ambiciosa de exportar 4,75 bilhões de litros de etanol em 2012. A atuação da PETROBRAS no etanol parece atender um interesse nacional de liderança mundial no desenvolvimento do comércio internacional de etanol, mas utiliza claramente competências essenciais da empresa e logística e comércio internacional.

- *Ação de execução e viabilização do PNPB:* 29% dos investimentos previstos destinam-se ao biodiesel que representa o essencial da atuação da PETROBRAS Biocombustíveis. A empresa pretende se tornar líder na produção de biodiesel com uma meta de 938 milhões de litros em 2012. Essa atuação entretanto tem se caracterizado até agora por uma linha de execução do PNPB nas dimensões não atrativas para os demais investidores. A empresa tem insistido em conceitos polêmicos como o biodiesel de mamona e plantas de viabilidade discutível à luz dos observadores da indústria, como foi o caso recente da planta inaugurada em Montes Claros. Fica-se na expectativa entretanto de que a PETROBRAS, com ambições de se tornar competidora em nível internacional em biodiesel, venha a contribuir para a necessária maturação da estrutura do setor, orientando a definição dos modelos de negócios mais competitivos. A contribuição tecnológica da empresa também seria importante para a evolução da indústria e solução de algumas de suas limitações atuais. Curiosamente, o envolvimento crescente da PETROBRAS com o biodiesel convencional pode estar afastando a empresa de uma alternativa interessante e que cresce no mundo – a do biodiesel renovável, que se baseia no refino do óleo vegetal por hidrotreamento para obtenção de um biodiesel na forma de hidrocarboneto e não éster. Essa rota tem relação com o conceito H Bio e está sendo trabalhada pela UOP e por algumas empresas de petróleo (Neste, ENI, ConocoPhillips).
- *Ação inovadora:* a terceira linha de atuação da PETROBRAS está voltada para os esforços de P&D e inovação realizados pelo CENPES. Os principais envolvimento da empresa são: o processo H Bio, piloto de etanol de materiais celulósicos, bio-óleo e processos BTL. A PETROBRAS construiu uma unidade piloto de produção de etanol a partir de bagaço pela hidrólise enzimática com base em pesquisas desenvolvidas na Escola de Química da UFRJ. Há planos de passar proximamente para uma unidade de demonstração. Exceto o processo H Bio que tem investimentos alocados para sua utilização em algumas refinarias, os demais processos estão ainda em estágio de P&D. Aparentemente, não se percebe que exista uma articulação clara entre os projetos de pesquisa em desenvolvimento e os investimentos produtivos da PETROBRAS que estão alinhados com as rotas convencionais de produção.

Finalmente, cabe examinar as fontes de financiamento e as políticas públicas na área. Considerando apenas as fontes do MCT, por meio de editais FINEP e CNPq, foram

destinados em 2008 cerca de R\$ 100 milhões para pesquisas relacionadas a biocombustíveis. Os valores totais aplicados seriam superiores se considerássemos outras chamadas indiretamente ligadas ao tema energia e biocombustíveis, outras aplicações não diretamente orientadas por editais (FINEP) e recursos das FAPs (Fundações de apoio à pesquisa) estaduais, em particular FAPESP. A análise aqui visa à constatação do espaço que os biocombustíveis avançados ocupam e não ao levantamento exaustivo dos recursos aplicados.

Assim, em 2008, o edital FINEP de subvenção econômica alocou R\$ 80 milhões para o tema energia a serem destinados a projetos em: (i) Desenvolvimento de equipamentos e processos para a transformação do vinhoto e para a otimização do aproveitamento da palha da cana na cadeia do etanol; (ii) Desenvolvimento de equipamentos e processos para extração de óleos de palmáceas e pinhão manso visando a produção de biodiesel em pequena escala; (iii) Desenvolvimento de válvulas esfera submarinas para a exploração de petróleo e gás em águas profundas e de recheios estruturados para torres de processamento (FINEP, 2008). Em 2009, o edital em curso alocou novamente R\$ 80 milhões para energia elegendo os seguintes temas: (i) desenvolvimento de equipamentos, componentes, peças ou partes aplicados à produção de energia solar e energia eólica; (ii) desenvolvimento e otimização de processos e equipamentos para transesterificação etanólica de óleos e gorduras (vegetais, animais e residuais) para produção de biodiesel; (iii) desenvolvimento de projetos de recheios estruturados para torres de processamento de petróleo e derivados e cimentos especiais para completção de poços (FINEP, 2009).

Quanto ao CNPq, foram lançados, em 2008, seis editais: (i) desenvolvimento de tecnologias para caracterização e controle de qualidade de biodiesel; (ii) desenvolvimento de sistemas reacionais aplicados à produção de biodiesel utilizando a rota etílica; (iii) utilização de co-produtos associados à cadeia produtiva de Biodiesel; (iv) cultivo de plantas de ciclo curto de desenvolvimento para produção de matéria-prima para obtenção de biodiesel; (v) aquicultura e uso de microalgas como matéria-prima para a produção de biodiesel; (vi) pré-tratamento, combustão e gaseificação de biomassa. Os editais totalizaram a aplicação de R\$ 28,5 milhões (CNPq, 2008).

Pode-se depreender dos dados acima que existe a identificação de problemas reais da indústria de biocombustíveis mas a abordagem parece ainda fragmentada e principalmente não reflete a dinâmica tecnológica e de inovação identificada por este

estudo⁶. De forma geral, predominam questões mais ligadas à atual geração de biocombustíveis – etanol e biodiesel. Certamente, essas indústrias não podem ser deixadas de lado. A melhora tecnológica – como a utilização de etanol na produção do biodiesel – e o esforço para solucionar problemas centrais como as matérias primas para a produção de biodiesel são alocações indiscutíveis de recursos. Entretanto, a atividade de P&D não pode aceitar que a competitividade esteja baseada na estrutura atual da indústria, portanto em horizonte de curto prazo, principalmente quando os esforços da P&D no mundo vão na direção de superar justamente as limitações dessa estrutura⁷.

Em síntese, o exame dos esforços tecnológicos brasileiros na perspectiva da indústria de biomassa do futuro sugere que, tanto do ponto de vista das estratégias das empresas (produtores de etanol e PETROBRAS principalmente) quanto das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação, tem sido privilegiado um enfoque de curto prazo e de intensidade tecnológica bem diverso do que parece ser a dinâmica tecnológica e de inovação nos principais países envolvidos. A observação merece ser aprofundada e valorizada na medida em que o Brasil é, e ambiciona continuar sendo, um protagonista na indústria de biocombustíveis.

3.2.3 - Elementos de caracterização do investimento no longo prazo

As dimensões chave do investimento em longo prazo podem ser reunidas nos pontos abaixo:

- Biocombustíveis se tornam uma indústria com maior nível tecnológico

A presença de novas bases de conhecimento, em particular da biotecnologia moderna (novas fermentações, enzimas, engenharia genética) trazem para a indústria uma sofisticação de sua base tecnológica. A presença crescente de empresas de base tecnológica ao lado de empresas estabelecidas mas com *background* tecnológico e principalmente com estratégias definidas e base tecnológica para o aproveitamento energético da biomassa (Shell, BP, Du Pont, entre outras) reforçam esse ponto. A evolução tecnológica da indústria no caso da indústria brasileira de etanol não tem

⁶ Estudos realizados pelo CGEE têm procurado situar a questão numa linha de raciocínio próxima à defendida por este relatório. Ver www.cggee.org.br. Entretanto, isso não tem ainda se tornado efetivo nas políticas governamentais de financiamento à pesquisa e inovação em biocombustíveis.

⁷ Cabe registrar que a argumentação desenvolvida tem como único foco realçar a ausência das grandes questões de inovação em biocombustíveis nos últimos editais do MCT. A discussão e a proposição de políticas mais abrangentes para a área somente poderia ser feita com um estudo específico mais aprofundado e detalhado que foge aos objetivos deste trabalho.

sido irrelevante, mas tem se apoiado no que poderíamos considerar a evolução incremental de uma mesma base de conhecimento. O ponto marcante na perspectiva tecnológica dos biocombustíveis é a possibilidade de *breakthroughs*.

- Distinção etanol e biodiesel tende a perder significado

Naturalmente, é muito difícil fazer previsões sobre os processos e produtos que comporão o cenário dos biocombustíveis do futuro. Não seria esse o objetivo deste relatório. Entretanto, pode-se estabelecer uma linha geral de orientação que visualiza o futuro da indústria na busca de produtos mais abrangentes como forma de aproveitamento da biomassa. A indústria precisa responder a dois desafios: promover um aproveitamento da biomassa que seja validado do ponto de vista ambiental e oferecer produtos adequados às condições de utilização, como combustíveis líquidos.

Nessa linha, torna-se importante vislumbrar uma convergência da indústria para uma abordagem integrada do aproveitamento da biomassa em que biorrefinarias produziram combustíveis (não apenas etanol e biodiesel, mas também outros produtos de melhor desempenho), bioeletricidade e bioprodutos de uso da indústria química (produtos convencionais antes produzidos por base fóssil, como o biopolietileno, ou novos produtos que podem substituir os convencionais com novas funcionalidades). Nessa linha, em longo prazo, o formato da indústria passa a aproximar do tripé articulado dos 3 Bs: biocombustíveis, bioprodutos e biorrefino

- Vantagem competitiva passa a se basear também nas novas tecnologias

Como consequência, as condições climáticas favoráveis continuaram presentes mas as vantagens competitivas podem se deslocar ao longo do tempo para os detentores de novas tecnologias proprietárias. O esquema tecnológico da indústria de biocombustíveis hoje existente foi de apropriação e incorporação de tecnologias produzidas externamente pelas empresas de engenharia e de pesquisa agrícola. A indústria brasileira de etanol soube trabalhar de forma notável numa base de incorporação de tecnologias externas, as quais deveriam ser otimizadas e aperfeiçoadas no processo de produção. Em longo prazo, vislumbra-se a passagem a um ambiente competitivo em que as tecnologias chave passam a ser proprietárias e produzidas internamente em grande extensão. Na perspectiva da tipologia clássica de Pavitt, a indústria passaria de uma condição tecnológica do tipo “dominado pelos fornecedores” para uma condição bem mais do tipo “baseado em ciência”.

- Cana de açúcar tende a ter papel relevante como matéria prima nobre das tecnologias baseadas em biomassa:

As novas tecnologias parecem ter uma relação interessante com a cana de açúcar, o que poderia reforçar o seu papel como matéria prima nos biocombustíveis do futuro. Com o aumento da produtividade agrícola (uso de biotecnologia) e com o aproveitamento otimizado da energia contida no bagaço e nas palhas (energia elétrica, produção de etanol e outros produtos (o caldo hoje utilizado para a produção de etanol representa apenas 1/3 da energia contida na biomassa produzida), a cana de açúcar pode ter um papel relevante como fonte de matéria para novos produtos por novas rotas e como fonte de matéria prima para a indústria química. A compreensão desse papel de matéria prima nobre abre perspectivas de diversificação para o país muito interessantes no futuro da indústria, desde que se veja em longo prazo não apenas como produtor de etanol.

Em síntese, os investimentos de longo prazo devem ser calcados na ótica da inovação e do desenvolvimento de novas matérias primas, novas tecnologias e novos produtos para sustentar a posição competitiva brasileira e buscar uma posição de protagonista na indústria de aproveitamento da biomassa.

4 – Recomendações e políticas

As recomendações serão apresentadas segundo os horizontes de médio e longo prazo. No médio prazo, consideram-se distintamente os casos do etanol e do biodiesel. No longo prazo, considera a perspectiva de futuro da indústria como um todo.

No caso do etanol, em médio prazo, parte-se do pressuposto de que os investimentos em curso asseguram a oferta para o mercado interno e geram excedentes exportáveis. Na condição de competitividade, até certo ponto confortável, de que goza a indústria, a principal recomendação está relacionada a medidas e apoios que possam melhorar as condições de exportação. Cabe apoiar a melhora da logística do sistema etanol, ao lado de medidas que facilitem a preparação da indústria para enfrentar as discussões nos fóruns internacionais das questões de padronização do produto e aspectos ambientais.

Uma segunda recomendação seria a inserção de forma mais forte da dimensão tecnológica, preparando a indústria para um futuro em que a atual base tecnológica

possa vir a se modificar e principalmente capacitando a indústria para construir uma posição de liderança internacional não apenas em etanol – o que já foi obtido – mas na exploração integrada de biomassa.

No caso do biodiesel, assim como no caso do etanol, não existe preocupação com a capacidade de produção para atendimento da demanda interna em médio prazo. Entretanto, a estrutura da indústria em nada se assemelha à do etanol. Existem diversas incertezas que trazem ameaças para a rentabilidade de muitas empresas, com riscos para a estabilidade da indústria. A recomendação inicial aqui é de buscar identificar as alternativas tecnológicas e modelos de negócios com maiores chances de sustentação dentro da janela de oportunidade do biodiesel convencional.

Um ponto crítico no biodiesel é a evolução da regulamentação do PNPB de modo a permitir o amadurecimento e a definição dos diferentes modelos de negócios. Existem grandes desafios pela frente para buscar o atendimento dos objetivos iniciais do programa de associar a produção de biodiesel com a inserção da agricultura familiar e a produção em pequena escala. Percebe-se a necessidade de amadurecimento do marco regulatório para avaliar e considerar as dificuldades e os custos do programa com idealizado inicialmente.

Do ponto de vista operacional, existe a demanda de programas que abordem a questão da matéria prima e gerem projetos estruturados para uma estratégia de matérias primas para o biodiesel. Esse problema não é exclusivo do biodiesel brasileiro.

Considerando que a capacidade instalada e em construção supera a demanda interna em médio prazo, um programa voltado para a exportação de biodiesel deve ser concebido.

As recomendações em longo prazo são centradas na dinâmica tecnológica e de inovação da indústria de biocombustíveis com vistas à indústria do futuro. Assim, o ponto central seria tratar de forma central a base tecnológica em biocombustíveis. Cabe portanto como recomendação mais importante em longo prazo o estabelecimento de política tecnológica e de inovação que considere não só a atual competitividade da indústria brasileira de etanol, mas que principalmente vislumbre de forma ambiciosa a construção da competitividade futura da indústria brasileira de aproveitamento de biomassa.

No âmbito dos biocombustíveis de primeira geração, cabe considerar a competitividade brasileira para exportação. A recomendação aqui estaria voltada para os aspectos de logística e de certificação ambiental e comercial da produção brasileira. No caso da exportação, cabe considerar que as indústrias de etanol e biodiesel estão em estágios muito diferentes de maturidade sendo as carências e dificuldades muito maiores no caso do biodiesel.

5 – Conclusões

Este relatório examinou a estrutura competitiva internacional da indústria de biocombustíveis de modo a identificar as questões chave de investimento em médio e longo prazo. Em curto prazo, os produtos dominantes são etanol e biodiesel e a demanda internacional, principalmente a americana para etanol e a européia para biodiesel, tende a exibir taxas de crescimento expressivas da ordem de 10% ao ano. Em longo prazo, a indústria caminha para um processo de sofisticação tecnológica com grande esforço de pesquisa e desenvolvimento voltado para novas matérias primas, novos processos de conversão e mesmo novos produtos.

Nesse ambiente, a indústria brasileira apresenta em médio prazo uma capacidade produtiva já construída, e ainda em expansão, capaz de atender o mercado interno e gerar excedentes exportáveis. Mas as condições das indústrias de etanol e biodiesel são bastante diversas. No caso do etanol a competitividade brasileira é referência internacional e a indústria já começa a se estruturar como exportadora embora ainda persistam dificuldades na logística interna e no tratamento de questões de certificação comercial e ambiental nos fóruns internacionais. No caso do biodiesel, apesar do sucesso do PNPB no que se refere à construção de capacidade produtiva, a indústria ainda luta com uma estrutura em definição com problemas de rentabilidade e viabilidade de alguns empreendimentos. A indústria precisa de definições e avanços que orientem as suas variáveis estruturais mais importantes, como matérias primas, escalas de produção, modelos de negócios. A estruturação para exportação encontra-se ainda em seus primeiros passos.

Em longo prazo, a indústria brasileira precisa considerar a sua inserção no que será a indústria de aproveitamento integrado de biomassa no futuro, voltada para a produção de biocombustíveis e bioprodutos com novas tecnologias de conversão e de produção de insumos. Nesse cenário, o país conta com uma vantagem inicial de peso que é a

produção competitiva de cana de açúcar. A cana de açúcar surge como matéria prima de grande importância na indústria do futuro para a produção de etanol mas também e principalmente, se considerarmos um horizonte mais longo de tempo, para as inovações de processos e produtos em gestação.

A conclusão mais importante desse relatório é a ênfase na ideia de evolução da base tecnológica dos biocombustíveis. Nessa linha, a reflexão que deve orientar estratégias e políticas é dada pela questão chave: Até quando vai a janela de oportunidade para os biocombustíveis de 1ª geração?

Finalmente, como forma de estruturar a visão da indústria em sua dinâmica de médio e longo prazo e de relacioná-la com os demais segmentos das indústrias de energia, cabe uma reflexão particular sobre a lógica de dotação de recursos em biocombustíveis e sua relação com a dinâmica competitiva.

A produção de biocombustíveis baseia-se no aproveitamento da fotossíntese. Logo, países com boas condições climáticas e com um bom nível de desenvolvimento agrícola estariam bem posicionados nessa indústria e contariam com a dotação de recursos adequada para competir. Nessa linha, o Brasil teria sem dúvida uma vantagem comparativa considerável em relação à maioria dos países do mundo.

Entretanto, como em muitos outros casos, as vantagens comparativas não se concretizam em vantagens competitivas de forma automática, mas apenas quando inseridas nas dinâmicas próprias das indústrias.

Biocombustíveis são resultados da transformação de biomassa, essencialmente vegetais, por meio de processos fermentativos, enzimáticos, químicos ou térmicos, em combustíveis líquidos. Para um dado produto, as variáveis chave, em termos de recursos, são, portanto, matéria prima e tecnologia (processo de conversão). No caso do etanol brasileiro, essa combinação tem se mostrado virtuosa e é vista como *benchmark* no atual estágio da indústria. A cana de açúcar é uma matéria prima de grande qualidade por conter um teor significativo de açúcares diretamente fermentáveis, tem uma produtividade no Brasil que veio se aprimorando ao longo de décadas e é hoje referência mundial. Na mesma linha, as tecnologias de conversão também se aprimoraram.

Alguns índices permitem destacar a produtividade da agroindústria canavieira no Brasil. No período 1975 a 2000, a produtividade agrícola cresceu 33%, o teor médio de sacarose na cana aumentou 8%; a eficiência na conversão sacarose a etanol aumentou de 14% e a produtividade na fermentação resultou, em consequência, 130% maior (CGEE, 2006). De uma forma sintética, englobando tanto a produtividade agrícola quanto a industrial, identifica-se que, no período 1975 a 2008, a produtividade medida em litros de etanol/hectare cresceu a uma taxa anual de 2,7% (Jank 2008). Pode-se dizer que o Brasil então tem uma dotação de recursos de primeira linha para o etanol.

Não há hoje matéria prima como a cana. Mesmo se muito progresso ainda seja vislumbrado na produtividade agrícola o elevado teor de açúcar pronto para fermentação confere à produção de etanol brasileira uma competitividade imbatível no momento. Considerando que estudos mostram a disponibilidade de terra agriculturáveis (a cana ocupa hoje cerca de 2% da área agriculturável) para a cana, pode-se concluir que no caso do etanol a dotação de recursos no Brasil é confortável para as próximas décadas.

No biodiesel, a equação não fecha da mesma forma. Apesar da produtividade agrícola destacada em alguns casos, como o da soja, e da diversidade de oleaginosas disponíveis, a indústria brasileira (e por extensão a própria indústria mundial de biodiesel) tem como um de seus obstáculos à competitividade a disponibilidade e preço das matérias primas. Essas não apresentam preços competitivos para, utilizando as tecnologias atuais de conversão, produzir biodiesel aos custos hoje desejáveis. Existe aqui a busca de novas matérias primas, sendo pinhão manso e algas as mais citadas no momento. Como para nenhuma das duas existe ainda um produtor competitivo estabelecido, pode-se dizer que, nesse caso, está ocorrendo uma busca pela construção do recurso com base em melhores condições de produção agrícola e tecnologia (mais tecnologia do que condições favoráveis, principalmente no caso das algas).

Numa perspectiva de longo prazo, a questão da dotação de recursos para biocombustíveis deve ser examinada observando a co-evolução de matérias primas e tecnologias de conversão.

Novos processos de conversão podem permitir que novas matérias primas sejam incorporadas reduzindo a competitividade das matérias primas dominantes. Este é o

processo em curso com a redução dos custos da hidrólise enzimática que pode permitir num horizonte relativamente curto⁸ a produção competitiva (pelo menos em relação ao milho) de etanol a partir de materiais celulósicos. Na outra ponta, as pesquisas em genética vegetal podem trazer para a cana um notável aumento de produtividade⁹ que a manteria competitiva mesmo que novas tecnologias de conversão viabilizassem outras matérias primas. A combinação das novas tecnologias de conversão com a cana de alta produtividade resultaria numa posição competitiva sustentável, nesse caso.

Não deve ser esquecido entretanto que a dinâmica dos recursos é dupla e depende também das tecnologias de conversão. Os novos processos que utilizam matérias primas celulósicas para produção de etanol e de outros biocombustíveis vão na direção de permitir a exploração de outras primas, mais amplamente disponíveis, alargando a dotação de recursos em matérias primas. Mas ao mesmo tempo os progressos tecnológicos também melhoram a produtividade das matérias primas, das estabelecidas (a cana de açúcar brasileira) e das novas matérias primas (materiais celulósicos).

Em síntese, condições climáticas e capacitação acumulada em tecnologia agrícola e de conversão contam, mas em longo prazo os esforços de desenvolvimento para a evolução das duas dimensões é o que decide.

Apesar da atual posição competitiva brasileira, em relação ao etanol pelo menos, os próximos anos podem ser críticos para a indústria de biocombustíveis pela possibilidade de mudar a relação atual entre matérias primas e tecnologia de conversão. Essa mudança tem como base o progresso tecnológico e os investimentos brasileiros, em particular os relacionados às políticas de ciência, tecnologia e inovação, devem considerar essa evolução.

6 - Referências

⁸ Nos EUA o horizonte, visto hoje é de 3 a 5 anos. Deve ser sublinhado o recente reforço de dotação de recursos para P&D em energia para o DOE. No orçamento divulgado recentemente foram alocados \$7.8 bilhões para P&D em energia, 18% mais do que no ano passado e um adicional de estímulo de cerca \$8 bilhões. Deve ser destacado que o Centro de Bioenergia, um dos programas mais inovadores do DOE, está concebido para funcionar como uma *start up* e desenvolver o etanol celulósico reunindo as expertises de laboratórios, universidades e indústria para atrair empresas de tecnologia.

⁹ Existe uma idéia entre os pesquisadores envolvidos na genética da cana de que o potencial de progresso equivaleria a recuperar um atraso de muitas décadas em relação a outras culturas bem mais desenvolvidas como o milho.

Almeida, E.; Bomtempo J.V.; Silva C., 2007, The performance of Brazilian biofuels: an economic, environmental and social analysis, OECD, ITF, Discussion Paper no. 2007-5

ANP, 2008, Thirty three years of biofuels in Brazil, apresentação em Hart Conference: Biofuels, lessons from Brazil, Rio de Janeiro, 3-4 setembro, 2008.

Aranda, D., 2009, A escala comercial do biodiesel de algas, publicado em 24/03/09 e disponível em <http://www.biodieselbr.com/blog/donato/2009/escala-comercial-biodiesel-algas/>

Aranda, D., 2009b, Diesel verde amarelo, publicado em 01/04/09 e disponível em <http://www.biodieselbr.com/blog/donato/2009/biodiesel-verde-amarelo/#more-50>

Biomass Research and Development Initiative, BRDI, 2007, Roadmap for Bioenergy and Biobased Products in the United States, October 2007

CGEE, 2004, Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília.

CNPq, 2008, Editais 2008, disponível em www.cnpq.br

COSAN, 2008, The ethanol perspective, apresentação em Hart Conference: Biofuels, lessons from Brazil, Rio de Janeiro, 3-4 setembro, 2008

Darzins, A., 2009, Algal Feedstocks-based Biofuels: separating myth from reality, NREL, NREL Power Lunch Lecture Series, February 18, 2009.

De Guzman D., 2009, Debugging biobutanol, ICIS Chemical Business, 28-29, march 2-8, 2009.

Duarte A., 2009, O peso da matéria prima, Biodieselbr, 2, 9, fev/mar, 19-19.

Economist, 2008, Survey The future of energy, June 19th, 2008

Economist 2008b, Biofuels in Brasil: lean, green not mean, June 26th, 2008

Economist, 2009, Energiser money, March 26th, 2009

FINEP, 2008, Edital Subvenção Econômica 2008, disponível em www.finep.gov.br

FINEP, 2009 Edital Subvenção Econômica 2009, disponível em www.finep.gov.br

Fonseca M. G., Menard C., 2008, Estrutura Industrial e Mudança Tecnológica na Economia Sucroalcooleira, apresentação no workshop Infossucro, Instituto de Economia, UFRJ, Ri de Janeiro, 28 novembro 2008

Jank M., 2008, An Overview of the Brazilian Sugarcane Industry, Better Sugarcane Initiative General Assembly, São Paulo, November 13th, 2008.

Nogueira, L.A., 2008, Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, BNDES/CGEE.

Oliverio, J. L., 2008, Brazilian Sugarcane Agribusiness: Technology and Plant Expansion, apresentação em Hart Conference: Biofuels, lessons from Brazil. Rio de Janeiro, 3-4 setembro, 2008.

PETROBRAS, 2008, Biofuels: Petrobras Strategic Performance, apresentação em Hart Conference: Biofuels, lessons from Brazil. Rio de Janeiro, 3-4 setembro, 2008.

Riese J., 2009, White Biotechnology, McKinsey and Co., Press Briefing, February 2009.

RFA Ethanol Outlook, 2009, Renewable Fuels Association Annual Report 2009, disponível em www.rfa.org

Royal Society, 2008, Sustainable biofuels: prospects and challenges, Policy document 01/2008, January 2008, disponível em www.royalsociety.org

Valor Análise Setorial, 2008, Biocombustíveis.

Valor Econômico, 2009, Areva investe na geração a partir da cana no Nordeste, 24/03/2009.